



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Klimagassutslipp og tiltak for landbruket i Gudbrandsdalen -Revidert utgave

NIBIO RAPPORT | VOL. 10 | NR. 53 | 2024



Pia Borg, Siri Furre & Katharina Hobrak

Divisjon for matproduksjon og samfunn, Divisjon for skog og utmark

TITTEL/TITLE

Klimagassutslipp og tiltak for landbruket i Gudbrandsdalen – Revidert utgave

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Pia Borg, Siri Furre & Katharina Hobræk

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
11.04.2024	10/53/2024	Åpen	53745	24/00101
Revidert: 15.01.2025				
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-03505-3	2464-1162	50	0	

OPPDRAKSGIVER/EMPLOYER:

Lesja kommune

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Kari Anette Austvik

STIKKORD/KEYWORDS:

Jordbruk, skog og arealbruk, klimagasser og klimatilpassing

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Klimagassutslipp og klimatilpassing i jordbruk og arealbrukssektoren

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Rapporten gir en oversikt over utslipp av klimagasser fra jordbruket og fra arealbrukssektoren i Gudbrandsdalen. Videre har vi vurdert tiltak for å redusere utslipp og øke opptak av klimagasser, med vekt på jordbruk. Ved vurderingen har vi sett etter mulige synergier og målkonflikter med målene i landbrukspolitikken og om tiltaket bidrar til klimatilpassing. Vi anbefaler å prioritere følgende tiltak: Bedret produksjonsstyring, førtiltak og agronomi, drenering av mineraljord, bedre håndtering av husdyrgjødsel, økt andel husdyrgjødsel til biogass. I tillegg er det sett overordnet på redusert utbygging av skog og andre karbonrike areal, samt klimatilpassing i skogbruket. Skog er sentralt i Gudbrandsdalen, men har ikke vært hovedfokus i denne studien. Denne utgaven av rapporten gir en mer utfyllende beskrivelse av enkelte forhold, hovedsakelig i kapittel 1, 5.5 og 8. I tillegg inneholder den et nytt kapittel om skogforvaltning.

LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:

Innlandet

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Dovre, Gausdal, Lesja, Lillehammer, Lom, Nord-Fron, Ringebru, Sel, Skjåk, Sør-Fron, Vågå og Øyer.

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

GODKJENT

Hilde Haug Simonhjell

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER

Pia Borg

NAVN/NAME



Innhold

Forord	6
1 Innledning.....	7
1.1 Norges klimamål	7
1.2 Klimagasser og omregningsfaktorer	8
1.2.1 Karbondioksid	8
1.2.2 Metan	8
1.2.3 Lystgass	8
2 Metode og avgrensninger	9
3 Jordbruket i Gudbrandsdalen	10
4 Utslipp og opptak av klimagasser i regionen.....	12
4.1 Utslipp fra jordbruket under regelverket for innsatsfordelingen	12
4.1.1 Jordbruk	13
4.1.2 Annen mobil forbrenning.....	13
4.1.3 Energi til oppvarming av bygg.....	13
4.2 Skog og annen arealbruk	13
4.2.1 Arealbrukskategorier.....	14
4.2.2 Arealfordeling i Gudbrandsdalen	15
4.2.3 Opptak og utslipp fra arealer i Gudbrandsdalen.....	16
5 Tiltak i jordbruket	20
5.1 Forbruk i tråd med gjeldende nasjonale kostråd og redusert matsvinn	20
5.2 Bedre håndtering av husdyrgjødsel.....	20
5.2.1 Spredning av husdyrgjødsel	21
5.2.2 Dekke på gjødsellager svin	24
5.2.3 Bedre spredetidspunkt og lagringskapasitet.....	24
5.2.4 Bedre arealfordeling av husdyrgjødsel.....	25
5.3 Husdyrgjødsel til biogassproduksjon	25
5.4 God produksjonsstyring og agronomi	26
5.5 Drenering.....	28
5.6 Fangvekster	30
5.7 Biokull	30
6 Arealbruksendringer	32
6.1 Redusert hyttebygging og annen nedbygging av areal.....	32
6.2 Redusere omdisponering fra skog til jordbruksformål.....	33
6.3 Stans i nydyrking av myr.....	33
6.4 Utfasing av uttak av torv og myrrestaurering.....	33
7 Skogforvaltning.....	35
7.1 Foryngelse	35
7.2 Ungskogpleie	36
7.3 Nitrogengjødsling	36
7.4 Hogstalter	37

8	Betydningen av utmarksbeiteareal	38
9	Oppsummering	41
9.1	Sammenstilling av aktuelle tiltak.....	41
9.2	Anbefalte tiltak	42
9.3	Øvrige tiltak	44
10	Kilder	45

Forord

Dette er en revidert utgave av en rapport som er utarbeidet på oppdrag for kommunene i Gudbrandsdalen; Dovre, Gausdal, Lesja, Lillehammer, Lom, Nord-Fron, Ringebu, Sel, Skjåk, Sør-Fron, Vågå og Øyer.

Som et utgangspunkt for arbeidet med ny landbruksplan ønsket kommunene en «nåstedsanalyse» av klimagassutslipp i Gudbrandsdalen. Med «nåstedsanalyse» menes en oversikt over status i dag om hvor de største utslippkildene og potensialet for utslippskutt er størst. Analysen skulle videre peke på tre til fem tiltak som det bør arbeides videre med.

Innholdet i denne rapporten bygger på tidligere rapporter, statistikk og tall fra offentlige kilder, samt informasjon fra kommunene. Oppdraget er begrenset til utslipp av klimagasser og opptak av karbon og vi har bare unntaksvis beskrevet effekter av aktuelle tiltak på andre verdier og målsetninger, som for eksempel naturmangfold, vannmiljø, bærekraft eller økonomien i landbruket. Det er jordbruk og arealbruksendringer som har vært hovedfokus i prosjektet.

Prosjektet er koordinert av Pia Borg, som også har skrevet rapporten i samarbeid med Siri Furre. Katharina Hobrak har skrevet kapittel 4.2 om utslipp og opptak av klimagasser fra arealbrukssektoren i det nasjonale klimagassregnskapet og kommentert på kapittel 6 om tiltak i arealbrukssektoren. Gunnhild Søgaard har skrevet kapittel 7 om skog.

Synnøve Rivedal har gitt innspill til på kapittel 5.2 om bedre håndtering av husdyrgjødsel og kapittel 5.5 om drenering, Anders Bryn har gitt innspill til kapittel 8 om betydningen av utmarksbeite, Siri Svendgård-Stokke har gitt innspill til avsnittet om organisk jord i kapittel 5.5 om drenering og Vilde Haarsaker har gitt innspill til hele rapporten. Rapporten er kvalitetssikret av Hilde Haug Simonhjell.

Denne utgaven av rapporten gir en mer utfyllende beskrivelse av enkelte forhold, hovedsakelig i kapittel 1, 5.5 og 8. I tillegg inneholder den et nytt kapittel om skogforvaltning.

1 Innledning

Bakgrunnen for oppdraget er handlingsplanen «Bærekraftig utvikling i Gudbrandsdalen», som ble vedtatt på Gudbrandsdalstinget i oktober 2021. Her er klimasmart landbruk et satsingsområde, og et tiltak i denne satsingen er å utarbeide en landbruksplan for Gudbrandsdalen. Satsingsområdet klimasmart landbruk har som mål å ha en bærekraftig og klimanøytral produksjon i 2030 ved blant annet å bruke lokale ressurser, kutte klimagassutslipp og øke opptaket av karbon i jord (Gudbrandsdalstinget, 2023). Denne rapporten gir et utgangspunkt for det videre arbeidet med landbruksplanen der det skal være medvirkning fra landbruksnæringa og andre relevante aktører i Gudbrandsdalen.

Rapporten er bygget opp på følgende måte: I kapittel 1 gir vi en kort innføring i Norges forpliktelser og målsetninger på klimaområdet samt en beskrivelse av viktige begreper. I kapittel 2 beskriver vi hvilke kilder vi har brukt og hvordan vi har avgrenset oppdraget før vi i kapittel 3 gir en overordnet beskrivelse av landbruket i Gudbrandsdalen. I kapittel 4 går vi gjennom utslippene av klimagasser fra Gudbrandsdalen i de ulike sektorene, mens kapittel 5, 6, 7 og 8 tar for seg ulike tiltak og fokusområder i arbeidet med å redusere utslipp av klimagasser og binde karbon og deres relevans for Gudbrandsdalen. I kapittel 9 gis en oppsummering og anbefaling av tiltakene.

1.1 Norges klimamål

Norge er en del av EUs klimarammeverk, som består av tre pilarer. Hver pilar har sitt eget regelverk og egne mål. Kvotesystemet (EU ETS) er den ene pilaren og reguleres i Norge gjennom klimakvoteloven.

Den andre pilaren er regelverket for innsatsfordelingen (tidligere omtalt som ikke-kvotepiktige utslipp) som etablerer nasjonale mål for utslippskutt hovedsakelig innenfor sektorene transport, jordbruk, bygg og avfall, samt enkelte av utslippene fra industri og petroleum. Norge har satt seg som mål å redusere klimagassutslippene fra ikke-kvotepiktig sektor med minst 55 % innen 2030, sammenliknet med 1990-nivå. Dette målet er meldt til FN og er en oppfølging av Parisavtalen. Innen 2050 er målet at Norge skal være et lavutslippssamfunn med utslippsreduksjoner fra 90-95 % sammenliknet med utslippsnivået i 1990. Dette er lovfestet i klimaloven.

Den tredje pilaren er utslipp og opptak i arealbrukssektoren, på engelsk Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF). Norge har gjennom klimaavtalen med EU en forpliktelse om netto null utslipp av klimagasser fra denne sektoren for forpliktelsesperioden 2021–2025 (Miljødirektoratet, 2020). Netto null-målet innebærer at de samlede utslippene av klimagasser i perioden ikke skal være større enn opptaket, gitt bokføringsreglene i EU-regelverket.

Regjeringen vil melde inn et nytt klimamål under Parisavtalen for tidsperioden 2031-2035. Dette vil bli fastsatt gjennom en endring i klimaloven.

Regjeringens årlige Klimastatus og -plan, også kalt Grønn bok, legges fram sammen med statsbudsjettet og gir en status og framdriftsplan for å nå regjeringens klimamål.

I juni 2019 inngikk staten og organisasjonene i jordbruket en intensjonsavtale om redusert klimagassutslipp og økt opptak av karbon fra jordbruket for perioden 2021-2030. Klimaavtalen setter mål om å redusere utslipp og øke opptak av karbon med 5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter innen 2030. Avtalen stiller opp to hovedgrupper av tiltak: A) Tiltak som næringen står ansvarlig for å gjennomføre og B) arbeid som regjeringen gjør med forbruksendringer som indirekte kan medføre reduksjoner av klimagassutslipp fra jordbrukssektoren (Miljødirektoratet, 2023).

Næringens bidrag til oppfyllelse av tiltakene de står ansvarlig for å gjennomføre er beskrevet i Landbrukets klimaplan (Norges Bondelag mfl., 2024). Landbrukets klimaplan setter en felles kurs for landbrukets samlede arbeid med å redusere klimaavtrykket og levere på klimaforpliktelsen. Planen

omtaler ni satsningsområder; 1: Klimakalkulator og klimarådgivning; 2: Avl og friskere husdyr; 3: Klimavennlig fôr; 4: Fremtidsrettet agronomi; 5: Fossilfri maskinpark; 6: Fossilfri oppvarming; 7: Husdyrgjødsel i biogassanlegg; 8: Jorda som karbonlager og arealbruk; 9: Klimarisiko og klimatilpasning.

I rapporten er punkt 5, 6 og 9 ikke nærmere omtalt, mens de øvrige tiltakene omtales i større eller mindre grad.

1.2 Klimagasser og omregningsfaktorer

Klimagassutslippene i jordbruket og i skog og arealbruk skjer i form av utslipp av gassene karbondioksid (CO_2), metan (CH_4) og lystgass (N_2O). Utslippene av gassene regnes om til CO_2 -ekvivalenter slik at oppvarmingseffekten de ulike klimagassene har på atmosfæren kan sammenliknes. Dermed tydeliggjøres det hvilke utslipp som bidrar mest til global oppvarming. For å regne om til CO_2 -ekvivalenter, brukes en omregningsfaktor som kalles global warming potential (GWP).

Det finnes flere ulike varianter av GWP. I det offisielle klimagassregnskapet for Norge, som rapporteres til FN, brukes GWP for en 100-årsperiode, GWP100. GWP100 for CO_2 er satt til 1, mens den er 28 for metan og 265 for lystgass (IPCC, 2014a). Dette betyr at utslippene av metan og lystgass ganges med henholdsvis 28 og 265 for å kunne sammenligne utslippenes bidrag til global oppvarming.

1.2.1 Karbondioksid

Utslipp av karbondioksid (CO_2) fra jordbruket stammer fra kalking og spredning av mineralgjødsel, urea. Det er også betydelige utslipp av CO_2 fra drenert myr.

Forbrenning av fossile energikilder til oppvarming og drivstoff til landbruksmaskiner gir også utslipp av CO_2 . Dette bokføres i klimaregnskapet i sektorene «oppvarming» og «annen mobil forbrenning».

1.2.2 Metan

Den største delen av jordbrukets metanutslipp stammer fra husdyras fordøyelse og det er drøvtyggere som har størst utslipp. Lagring av husdyrgjødsel under oksygenfrie forhold er også en kilde til utslipp av metan. Høyt innhold av organisk materiale i kombinasjon med oksygenfrie forhold kan gi metanutslipp fra jordbruksjord. Metangass (CH_4) dannes ved at såkalte metanogene bakterier omdanner karbondioksid og hydrogen til metan i miljøer uten oksygen. Slike miljøer finnes blant annet i myr og oversvømt jord og i tarmsystemet hos dyr /vomma til drøvtyggere.

1.2.3 Lystgass

De største kildene til lystgassutslipp fra jordbruket er nitrogen i husdyrgjødsel og handelsgjødsel. Det er også utslipp fra organisk jord og et mindre utslipp fra nedbrytning av tilbakeførte planterester i jord. Lystgass (N_2O) dannes naturlig i jord når mikroorganismer i jorda bryter ned nitrogenholdige forbindelser. Lystgass omdannes deretter videre til nitrogengass (N_2), men under ugunstige forhold, som våt jord og lav pH, kan omdanningen stoppe opp før omdanningen til nitrogengass. Det fører til større utslipp av lystgass.

Lystgassutslipp fra nitrogen i gjødsel deles i direkte og indirekte utslipp. Direkte utslipp skjer når nitrogen i tilført gjødsel omdannes til lystgass ved nitrifikasjon eller denitrifikasjon. Indirekte utslipp skjer når nitrogen først går tapt til luft gjennom fordampning av ammoniakk (NH_3) eller til vann ved avrenning og deretter fører til lystgassutslipp.

2 Metode og avgrensninger

Vi har tatt utgangspunkt i tiltakene som er beskrevet i «Klimatiltak i Norge mot 2030» for jordbrukssektoren og for arealbruksendringer (Miljødirektoratet, 2023) og vurdert deres relevans og betydning for kommunene i Gudbrandsdalen. I tillegg har vi omtalt og gitt en vurdering av tiltakene god agronomi og drenering. Skogforvaltning er omtalt i et eget kapittel. Etter ønske fra oppdragsgiver har vi også diskutert betydningen av utmarksbeite. Rapporten gir en overordnet, ikke uttømmende gjennomgang av tiltakene. Tiltak for jordbrukets andel i sektorene oppvarming og annen mobil forbrenning (energibruk til traktorer og andre maskiner) er ikke vurdert.

Tall for utslipp av klimagasser og aktivitetsdata er hentet fra Miljødirektoratet, NIBIO, Statistisk Sentralbyrå (SSB) og kommunene i Gudbrandsdalen. Vi har videre basert oss på aktuelle rapporter fra NIBIO og andre kilder. Tallene og rapportene har dannet grunnlag for vurdering av aktuelle tiltak.

I rapporten fra Miljødirektoratet presenteres reduksjonspotensialet for utslipp for de ulike tiltakene både som reduksjon i 2030 og samlet reduksjon for alle årene 2024-2030. For lesbarhetens skyld har vi i denne rapporten valgt å kun oppgi reduksjon i 2030. Der hvor det er oppgitt potensiale for utslippsreduksjon er det brukt uskalerte verdier for utslippspotensialet. Uskalerte verdier i denne sammenhengen vil si at det ikke er tatt hensyn til eventuelle endringer i forbruk basert på endrede kostholdsråd og matsvinntiltaket (Miljødirektoratet, 2023). Det er viktig å merke seg at effekten av noen tiltak vil avhenge av effekten av andre samtidige tiltak, og det er derfor ikke bare å slå sammen effekten av ulike tiltak for å finne samlet potensiale av flere tiltak.

Det har vist seg for omfattende innenfor rammene for prosjektet å skalere tallene for forventet utslippsreduksjon av samtlige tiltak til Gudbrandsdalen. Nasjonale tall er derfor oppgitt for de tiltakene hvor det finnes slike. NIBIO har mulighet til å gjøre slike beregninger i jordbrukssektoren ned på kommunenivå ved bruk av en egenutviklet klimagassmodell, men dette er omfattende arbeid som det ikke var ressurser til i denne omgang. Det ligger også noe verktøy tilgjengelig på nett for blant annet beregning av utslippsreduksjoner ved gjødsellagring (Miljødirektoratet, 2024a). Disse beregningene er enkle å utføre, men er ikke inkludert i rapporten da tilsvarende beregninger ikke er tilgjengelig i samme omfang for de andre tiltakene.

Det kan være ulike forutsetninger for driften i ulike regioner og det er derfor ikke slik at man uten videre kan nedskalere det nasjonale reduksjonspotensialet direkte over til en geografisk region. Vi mener likevel at det nasjonale reduksjonspotensialet for det enkelte tiltak gir en god pekepinn på reduksjonspotensialet for de ulike tiltakene i Gudbrandsdalen.

For noen av tiltakene omtalt i denne rapporten er det foreløpig ikke utviklet nasjonal metodikk for å beregne potensiale for reduksjon av utslipp, men det er vurdert at effekten av tiltaket på sikt vil kunne beregnes og at tiltaket er av en slik art at det bør vurderes.

Utslippstall for skog og annen arealbruk er beregnet basert på metodikken benyttet i det [kommunevis klimagassregnskapet](#), publisert av Miljødirektoratet¹. Metodikken bygger på det nasjonale klimagassregnskapet (Miljødirektoratet mfl. 2023). Metodikken er basert på retningslinjer fra IPCC (IPCC 2006; IPCC 2014b; IPCC 2019). Arealstatistikken baserer seg på en sammensetning av kartdata fra AR5 (NIBIO, 2024a), SSB arealbruk (SSB, 2024a), og N50 (Kartverket, 2024).

¹ <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/datavisualisering/klimagassutslipp-i-kommuner-og-fylker/>

3 Jordbruket i Gudbrandsdalen

Under er en kort omtale av jordbruket i Gudbrandsdalen (Statsforvalteren i Innlandet, 2024).

Nord-Gudbrandsdal

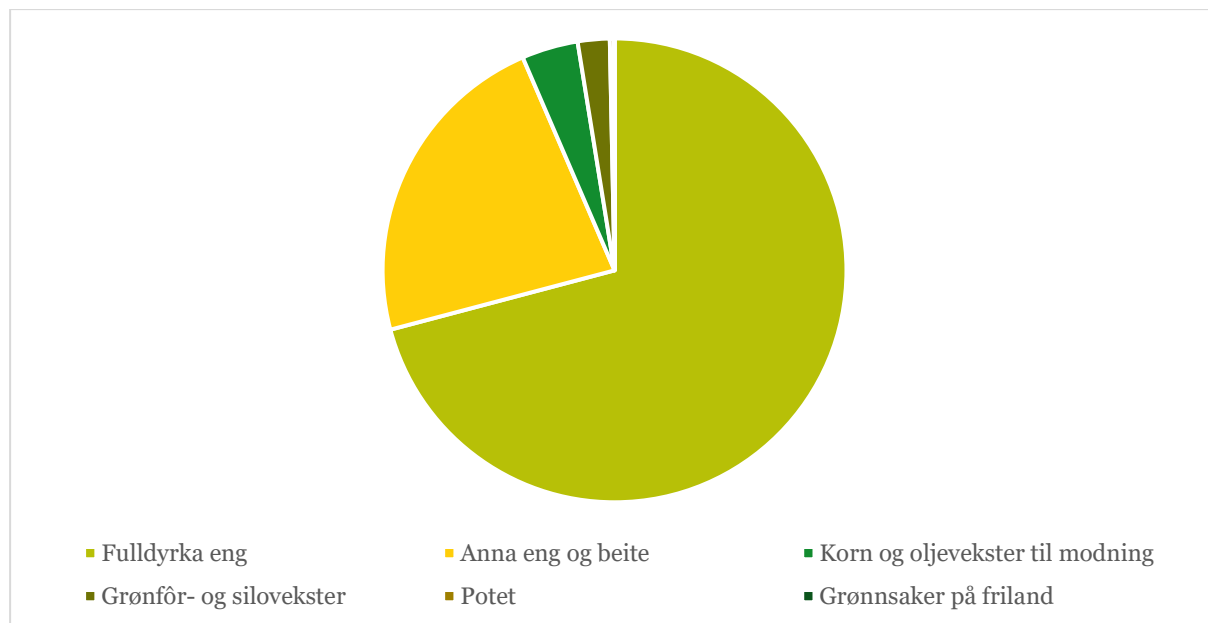
Regionen består av kommunene Lesja, Dovre, Sel, Vågå, Lom og Skjåk. I disse kommunene betyr jordbruket mye for verdiskaping og sysselsetting. Regionen har betydelige grasarealer og det drives hovedsakelig med husdyr (mjølk/kjøtt) og aktiv bruk av utmark. Området har flere nasjonalparker og tamreindrift betyr en god del. Det produseres en del korn i Sel. Skjåk er stor på svin, mens Lesja og Vågå er store på mjølk.

Midt-Gudbrandsdal

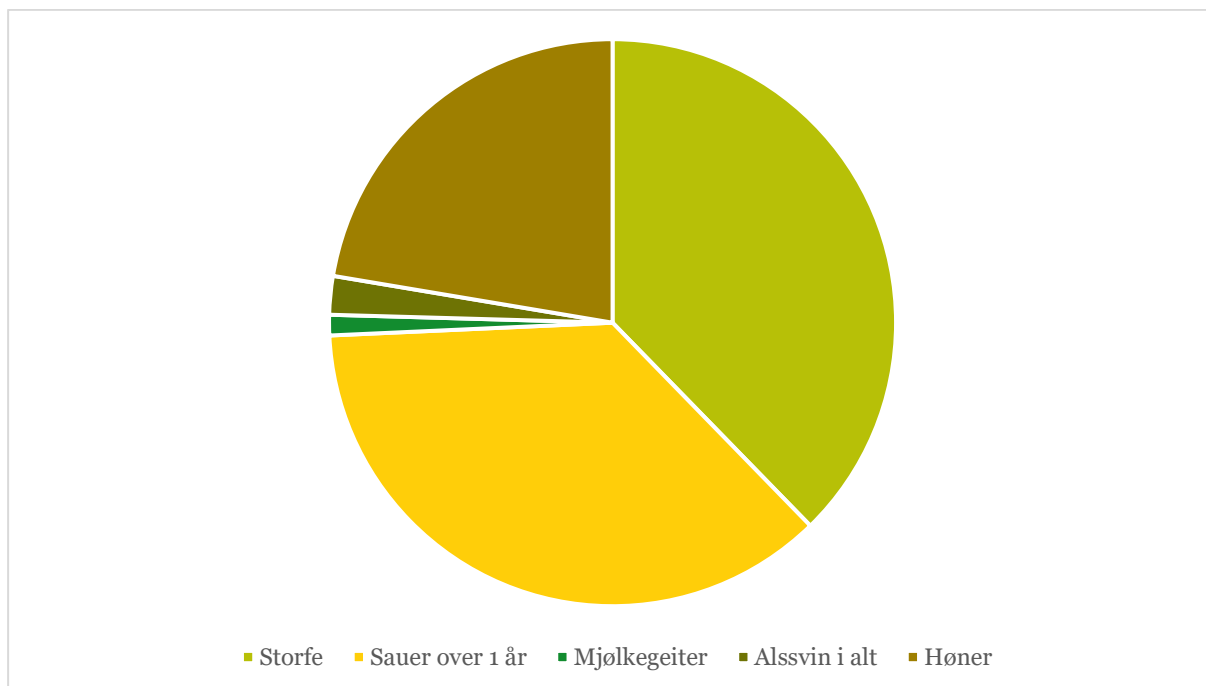
Regionen består av kommunene Sør-Fron, Nord-Fron og Ringebu. Regionen har hovedsakelig husdyrbruk (mjølk/kjøtt) med aktiv bruk av utmarka og fortsatt noe aktiv seterdrift. Regionen er stor på sau og Ringebu er en av de fem store kommunene i Oppland når det gjelder mjølkeproduksjon.

Lillehammer-regionen

Regionen består av kommunene Øyer, Gausdal og Lillehammer. Her er det kombinasjonsbruk på Lillehammer og et mer aktivt husdyrmiljø i Gausdal og Øyer. I Lillehammer er den sentrumsnære dyrkamarka under press fra andre interesser. Regionen har kornarealer i lavereliggende strøk og betydelige grasarealer lenger opp. Gausdal har den største mjølkeproduksjonen i Oppland, men er også store på ammeku.

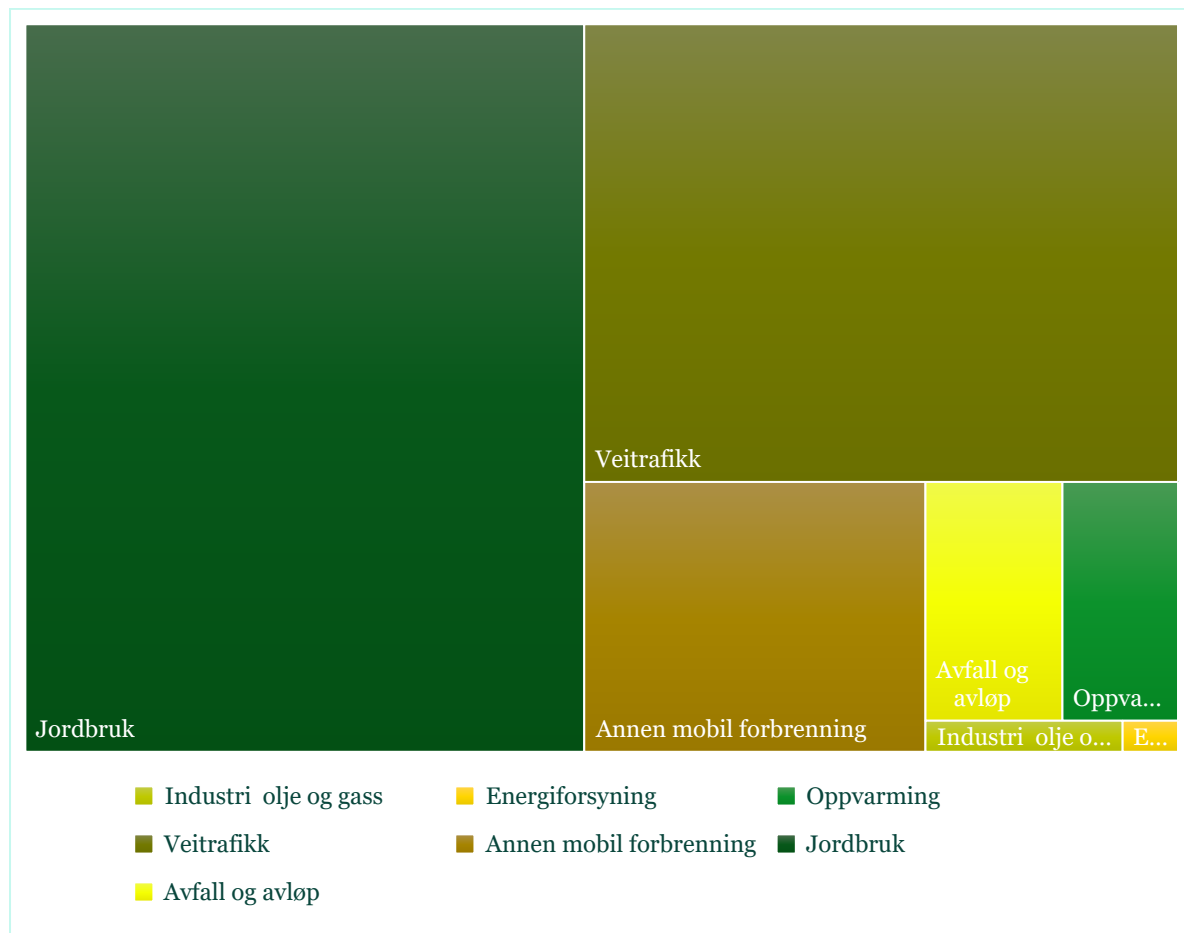


Figur 1. Planteproduksjon i Gudbrandsdalen i 2022. Kilde: SSB (2024b).



Figur 2. Husdyrproduksjon i kommunene i Gudbrandsdalen i 2022 fordelt på antall dyr av hvert husdyrslag. Avlssvin inkluderer avls- og ungdyr av både råner og purker, storfe inneholder alt storfe, både mjølke- og ammeku. Kilde: SSB (2024c).

4 Utslipp og opptak av klimagasser i regionen

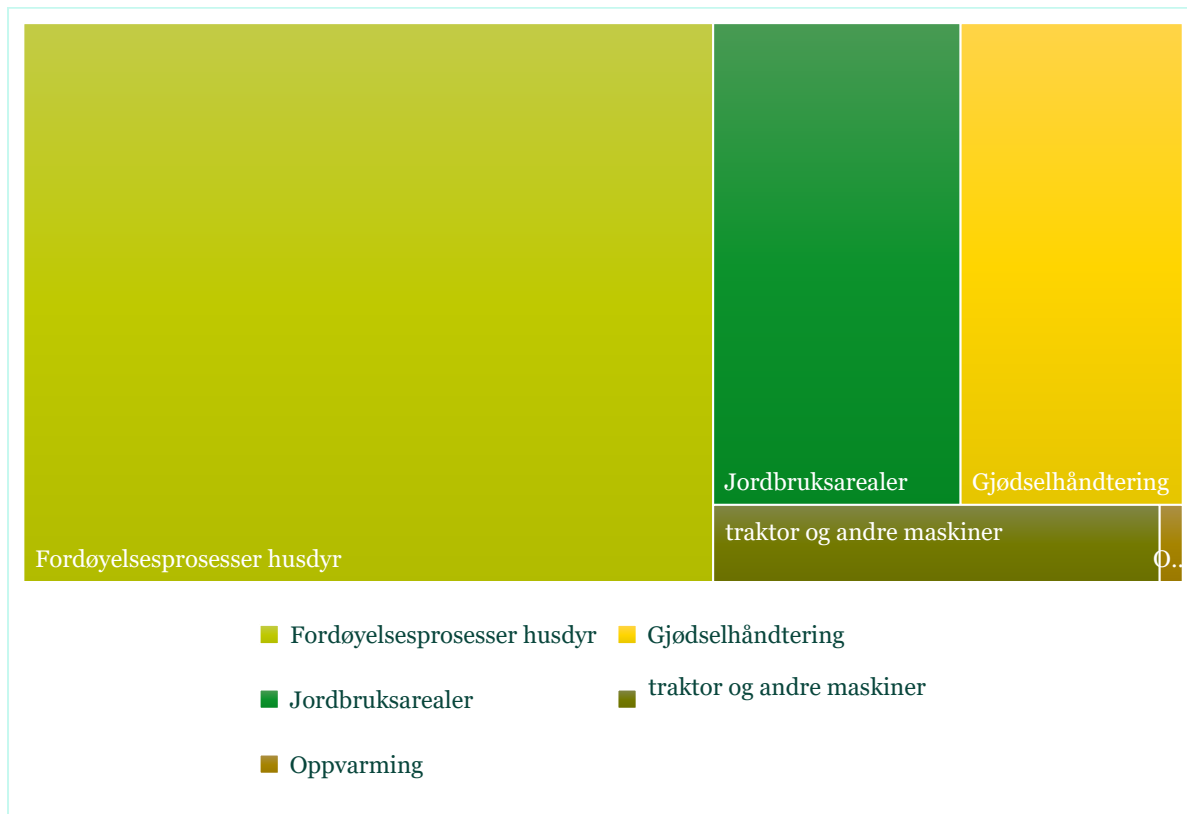


Figur 3. Fordeling av utslipp på ulike sektorer under regelverket for innsatsfordelingen i Gudbrandsdalen i 2022. Utslipp og opptak i arealbrukssektoren er ikke inkludert. Kilde: Miljødirektoratet (2022).

4.1 Utslipp fra jordbruket under regelverket for innsatsfordelingen

Utslipp fra jordbrukssektoren i de tolv Gudbrandsdalskommunene sto i 2022 samlet for 270 500 tonn CO₂-ekvivalenter (Miljødirektoratet 2022). Dette utgjør 48 % av klimagassutslippene under regelverket for innsatsfordelingen i Gudbrandsdalen. Sammenligner vi jordbrukets andel under regelverket for innsatsfordelingen i de nasjonale utslippene utgjør utslippene fra jordbrukssektoren 9,4 %. Dette viser dette jordbrukets betydning i Gudbrandsdalen, både når det gjelder bidrag til verdiskaping og til klimagassutslipp.

I tillegg til utslippene som rapporteres i klimaregnskapet under jordbrukssektoren, kommer jordbrukets andel av utslippene i energisektoren («annen mobil forbrenning» og «oppvarming» av bygg i jordbruket), samt utslipp og karbonlagring i dyrka mark og beite rapportert under arealbrukssektoren. Vi vil nedenfor beskrive kildene til disse bidragene nærmere.



Figur 4. Fordeling av utslipp fra jordbruket i Gudbrandsdalen i 2022, inkludert jordbrukets andel i sektorene annen mobil transport og oppvarming. Kilde: Miljødirektoratet (2022, omarbeidet av NIBIO).

4.1.1 Jordbruk

I snitt står fordøyelsesprosesser i husdyr for omtrent 63 % av utslippene av klimagasser fra jordbruket i Gudbrandsdalen (170 500 tonn CO₂-ekvivalenter). Dernest kommer utslipp fra jordbruksarealer med 19 % (52 750 tonn CO₂-ekvivalenter) og gjødselhåndtering med 17 % (47 270 tonn CO₂-ekvivalenter).

4.1.2 Annen mobil forbrenning

Denne sektoren omfatter utslipp fra bruk av avgiftsfri diesel og bensin til blant annet traktorer, anleggsmaskiner og snøscootere. Jordbrukets og skogbrukets utslipp til denne sektoren står til sammen for 15 270 tonn CO₂-ekvivalenter og utgjør henholdsvis 22 og 3 % av samlet utslipp til denne sektoren i Gudbrandsdalen.

4.1.3 Energi til oppvarming av bygg

Det finnes foreløpig ikke tall på kommunenivå for utslipp fra oppvarming av bygg i primærnæringene. På landsbasis står oppvarming av bygg i primærnæringene for 70 000 tonn CO₂-ekvivalenter (Miljødirektoratet 2022), som utgjør 0,14 % av det totale klimagassutslippet. Selv om vi ikke har tallene for utslipp fra oppvarming av bygg i primærnæringene i Gudbrandsdalen, så kan vi anta at det utgjør en mindre del av utslippet fra jordbruket.

4.2 Skog og annen arealbruk

Arealbrukssektoren skiller seg fra andre sektorer ved at det i denne sektoren er både utslipp og opptak av klimagasser. Utslipp og opptak i arealbrukssektoren er knyttet til bruken av arealene. Både i form av at arealene forvaltes, slik som dyrking på jordbruksarealer eller skogbruk, men også som følge av arealbruksendringer, slik som når skog fjernes til fordel for nye boligfelt. Endringer i karbonlager

beregnes for levende biomasse, dødt organisk materiale, mineraljord og organisk jord. Utslippene blir beregnet i netto endringer i karbonlager. For eksempel vil vekst i skog og hogst i skog samlet gi et netto opptak/utslipp.

Vi vil først beskrive de ulike arealbrukskategoriene (Miljødirektoratet mfl., 2023), før vi går nærmere inn på deres netto klimaeffekter (utslipp eller opptak) i beregningene for Gudbrandsdalen.

4.2.1 Arealbrukskategorier

Arealbrukssektoren deles i seks arealbrukskategorier: skog, dyrket mark, beite, vann og myr, utbygd areal og annen utmark. Beite deles i to underkategorier: aktivt beitet innmark og åpen og tresatt utmark på mineraljord. Siden Gudbrandsdalen har stor andel utmark har vi presentert beitekategorien i sine underkategorier.

Skog er areal som har minst 10 % kronedekning, er minst én dekar stor og har en bredde på minst fire meter. Videre vil arealer som er midlertidig uten tredekke etter hogst fortsatt regnes som skog, unntatt når arealbruken er tydelig endret, som hvis f.eks. det tas i bruk til beite.

Dyrket mark er arealer som er pløybare. Her inngår arealer som brukes til både ettårige vekster og flerårige vekster. I tillegg vil arealer som er tatt ut av drift, eller som brukes til beiting være med her.

Aktivt beitet innmark er arealer som aktivt beites, og er dekket med minst 50 % grasarter. Arealene skal ikke kunne pløyes, men på noen av arealene vil det være mulig med maskinell høsting. Arealene kan ha fjell i dagen og steiner i overflaten. Arealene kan være tresatt, tidvis over 10 %, så lenge det er beiting som er hovedbruken.

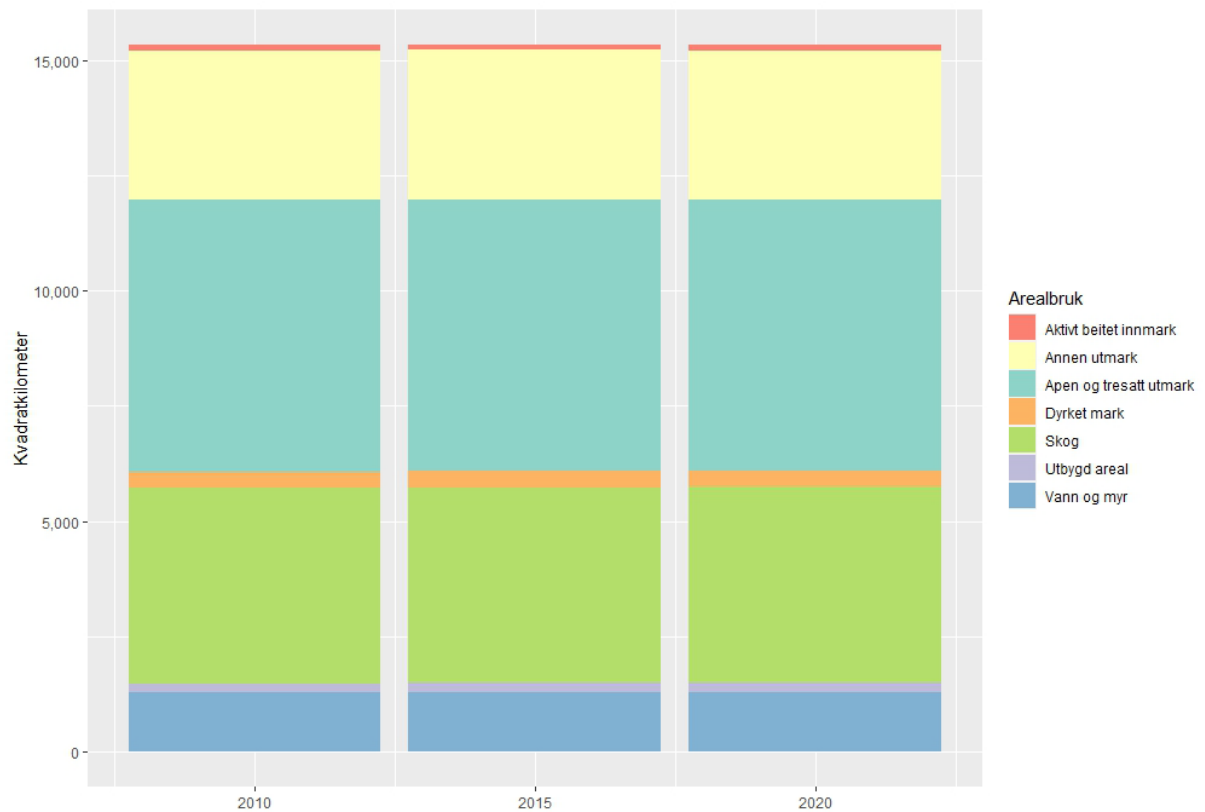
Åpen og tresatt utmark på mineraljord er arealer som har minst 50 % vegetasjon og/eller er tresatt. Arealene skal være på mineraljord. Ellers er det ingen krav om beiting på arealene, slik at beitetrykk kan variere fra ingenting til høyt og arealene har høy variasjon i vegetasjon.

Vann og myr inkluderer ferskvannsarealer, altså innsjøer, elver, bekker og myrer. I disse arealene inngår også torvuttak og drenerte myrer som ikke har blitt tatt i bruk til andre formål.

Utbygd areal er arealer hvor det er gjort varige endringer til fordel for infrastruktur. F.eks. arealer hvor det er bebyggelse, veier, industriområder, men også parker, golfbaner, kraftlinjer og varige skogsbilveier.

Annen utmark er arealer hvor det er lite til ingen karbon lagret. Det vil si arealer hvor vegetasjonsdekket er mindre enn 50 %, slik som bart fjell, steinrøyser, isbreer og jord uten vegetasjonsdekket.

4.2.2 Arealfordeling i Gudbrandsdalen



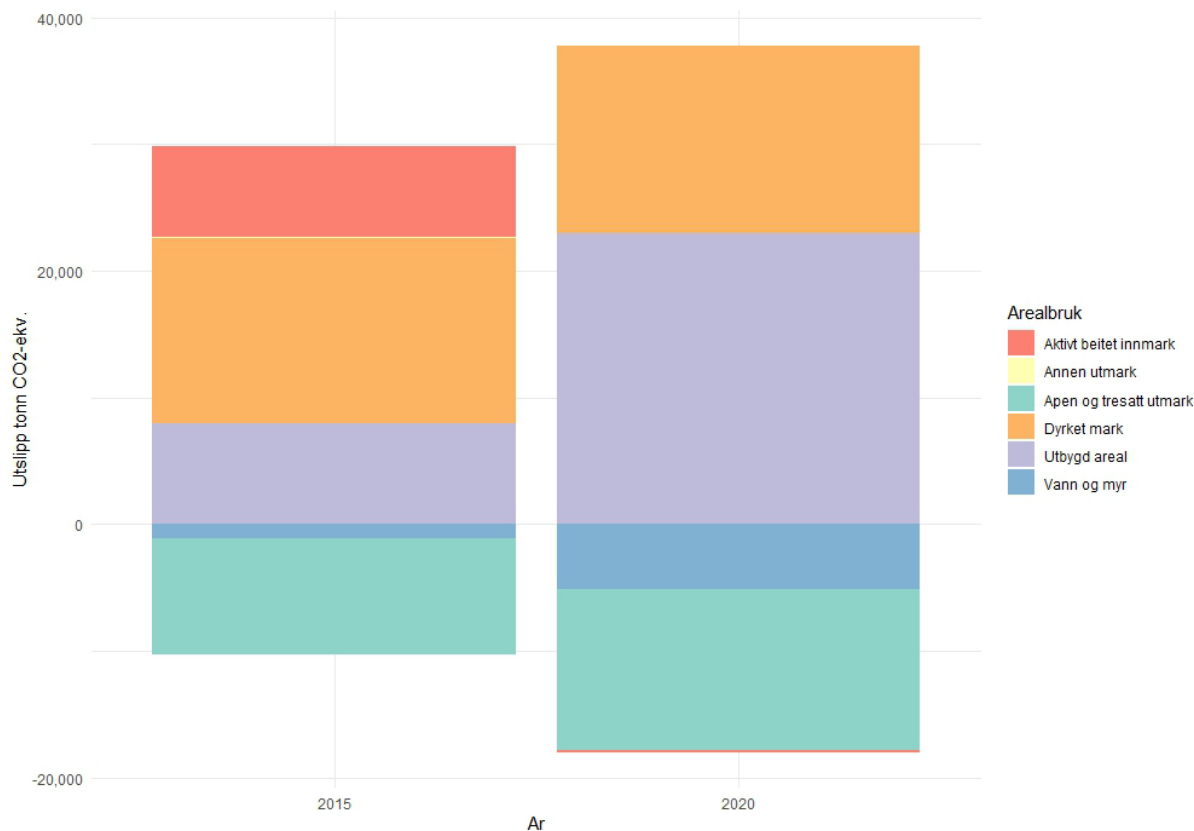
Figur 5. Fordeling av arealbrukskategorier i kommunene i Gudbrandsdalen. Arealet er oppgitt i kvadratkilometer (km²). Kilde: NIBIO og Miljødirektoratet (2024).

Som figur 5 viser, er Gudbrandsdalen preget av mye skog, åpen utmark og annen utmark. Disse arealene utgjør 87 % av totalarealet i regionen, mens dyrket mark og aktivt beitet innmark utgjør om lag 3 %. Det har ikke vært store netto endringer i arealbruken i perioden, dog har det vært noe økning av utbygd areal. Selv om det ikke er betydelige netto endringer, kan det være større arealer med endring. Et eksempel er om det ved utbygging på dyrka mark kompenseres med nydyrking av skog, samtidig som gamle traktorveier i skog gror igjen. Da kan netto endring i hvor stort areal det er i de ulike kategoriene være svært liten, samtidig som det har vært utslipp knyttet til både utbygging og avskoging.

4.2.3 Opptak og utslipp fra arealer i Gudbrandsdalen



Figur 6. Opptak og utslipp av klimagasser knyttet til arealbruk i Gudbrandsdal fordelt på arealbrukskategorier. Negative tall er opptak (fjernes fra atmosfæren) og positive tall er utslipp til atmosfæren. Oppgitt i tonn CO2-ekv. Tallene er oppgitt for to 5-års perioder 2011-2015 (2015) og 2016-2020 (2020). Kilde: NIBIO og Miljødirektoratet (2024)



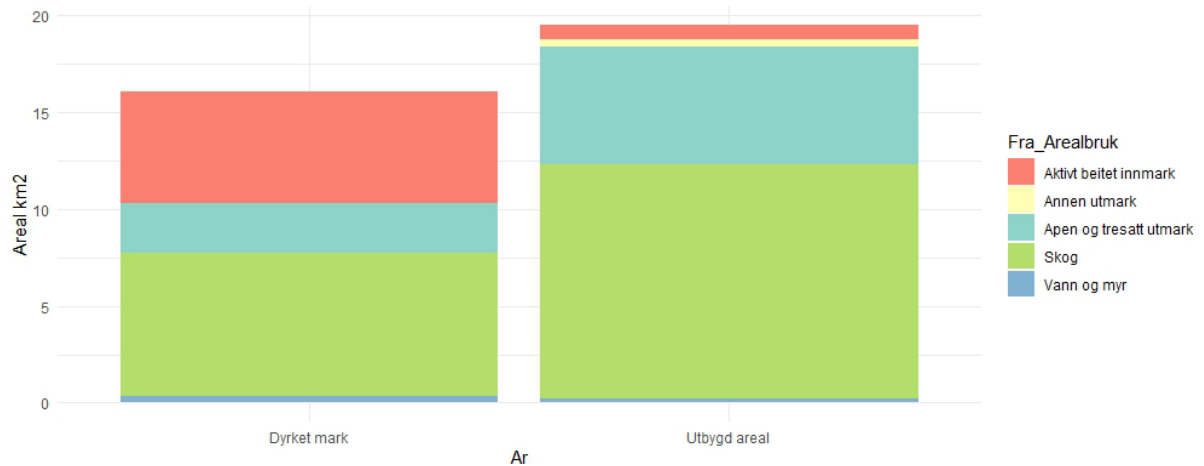
Figur 7. Opptak og utslipp av klimagasser knyttet til arealbruk i Gudbrandsdal, med unntak av skog, fordelt på arealbrukskategorier. Negative tall er opptak og positive tall er utslipp. Oppgitt i tonn CO₂-ekv. Tallene er oppgitt for to 5-års perioder 2011-2015 (2015) og 2016-2020 (2020). Kilde: NIBIO og Miljødirektoratet (2024).

Figur 6 viser utslippene og opptakene fra arealbrukssektoren i Gudbrandsdal oppsummert som netto utslipp for hver arealbrukskategori. Negative verdier er netto opptak, mens positive verdier er netto utslipp. Skogen står for det meste av opptakene og alle kommunene har på grunn av dette et netto opptak i arealbrukssektoren. Netto opptak er vesentlig lavere i perioden 2016-2020 enn i perioden 2011-2015.

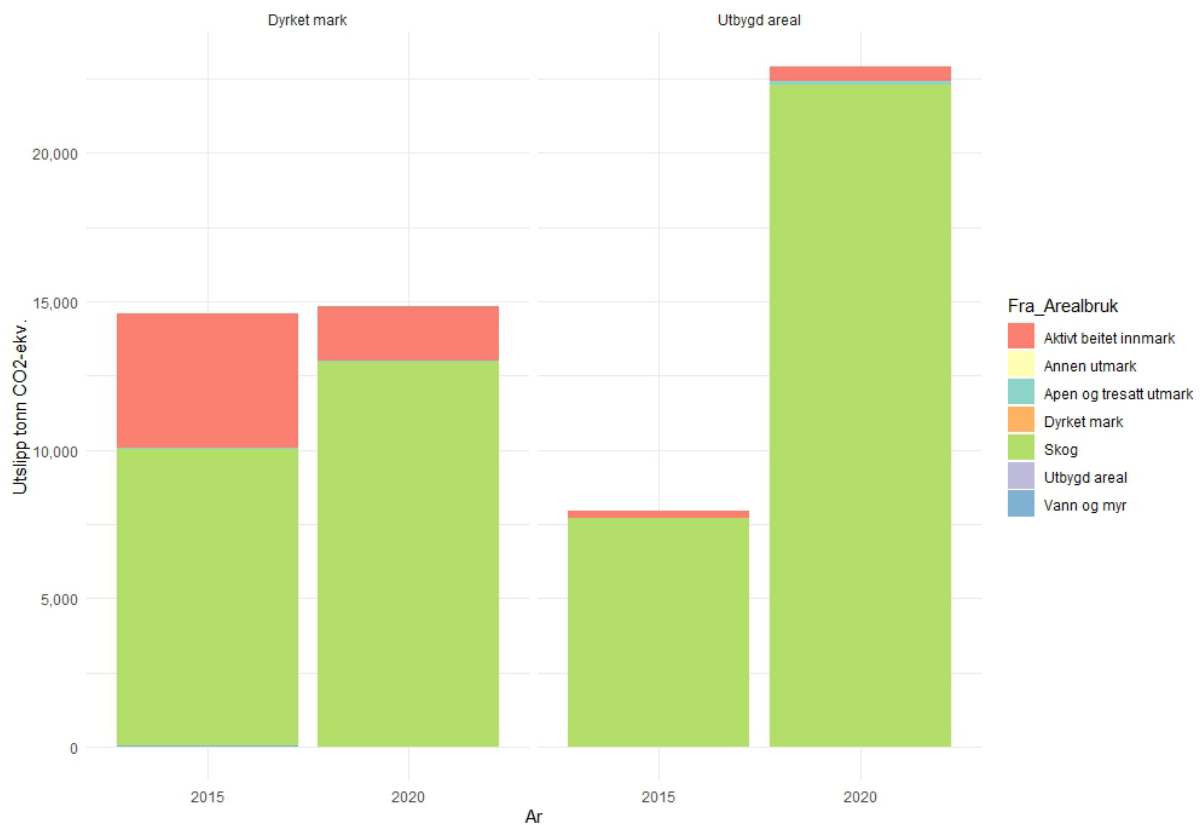
Utslippene i arealbrukssektoren skyldes i hovedsak arealbruksendringer og drenert myr. Det vil si at et areal endrer arealbrukskategori, for eksempel når skog blir fjernet til fordel for å bygge boliger (skog til utbygd areal, avskoging), eller myr dyrkes opp til dyrket mark. Avskoging, det vil si skog gjort om til utbygd areal og dyrket mark, er den største kilden til utslipp i arealbrukssektoren i Gudbrandsdalen.

I Figur 7 er skogen holdt utenfor, for å tydeligere vise opptak og utslipp fra de andre arealbrukskategoriene. Her ser vi at utbygd areal og dyrket mark gir netto utslipp, mens åpen og tresatt utmark, samt vann og myr gir netto opptak av klimagasser. Aktivt beitet innmark gir netto utslipp i perioden 2011-2015 og et lite netto opptak i perioden 2016-2020.

Figur 7 viser også at utslippene fra utbygd areal er langt større i perioden 2016-2020 enn i perioden 2011-2015. Dette skyldes muligens en økning i hvor mye areal som gikk over til utbygd areal fra andre arealbrukskategorier i den siste perioden sammenliknet med den første. I tillegg kan en del av forklaringen være at noe av utslippet fra arealbruksendringer er umiddelbart, for eksempel fjerning av levende biomasse, mens andre utslipp fordeler seg over en periode på 20 år slik som utslipp eller opptak fra mineraljord, mens drenert organisk jord vil ha tilnærmet uendelig med utslipp. For utslipp med en overgangsperiode på 20 år, vil endringene være kumulative da startåret for regnskapet er 2010 og ingen endringer før 2010 regnes med.



Figur 8. Areal av ulike arealbrukskategorier som enten har gått over til dyrket mark eller som er blitt utbygd i perioden 2011-2020. Kilde: NIBIO og Miljødirektoratet (2024).



Figur 9. Utslipp av klimagasser knyttet til endring fra andre arealbrukskategorier til henholdsvis dyrket mark og utbygd areal i tidsperiodene 2011-2015 og 2016-2020. Kilde: NIBIO og Miljødirektoratet (2024).

Figur 8 viser omfanget i areal av ulike arealbrukskategorier som enten har gått over til dyrket mark eller som er blitt utbygd i perioden 2011-2020. Det er omtrent like mye skog som beite (innmark og utmark) som er dyrket opp. Utbygging skjer hovedsakelig i skog og utmark, men det er også noe utbygging i aktivt beitet innmark.

Figur 9 viser samme endring i arealbrukskategorier som Figur 8, men er presentert som utslipp av klimagasser knyttet til disse endringene i tidsperiodene 2011-2015 og 2016-2020. Figuren viser at det i all hovedsak er hogst av skog som skaper store utslipp av klimagasser i Gudbrandsdalen, både ved

oppdyrking og utbygging. Ved oppdyrking er det også noe utslipp knyttet til oppdyrking av aktivt beitet innmark. Det har ikke vært store endringer i utslippene knyttet til oppdyrking i de to periodene som er undersøkt, mens det er en vesentlig økning i utslippene knyttet til utbygging.

5 Tiltak i jordbruket

Vi vil nedenfor se nærmere på de mest sentrale tiltakene som er aktuelle på nasjonalt nivå, og vurdere disse i en regional kontekst for Gudbrandsdalen. Dette innebærer en beskrivelse av tiltakene, og vurderinger av omfang og relevans for regionen, og mulige utslippskutt ved iverksetting av tiltakene der det har vært mulig.

5.1 Forbruk i tråd med gjeldende nasjonale kostråd og redusert matsvinn

Som beskrevet innledningsvis, er tiltakene i klimaavtalen mellom regjeringen og jordbruket gruppert i to hovedgrupper. Den hovedgruppen som regjeringen følger opp i form av at de kan påvirke forbruksendringer og indirekte klimagassutslipp, består av tiltakene *forbruk i tråd med gjeldende nasjonale kostråd (JO1)* og *redusert matsvinn (JO2)* (Miljødirektoratet, 2023).

Kostholdstiltaket innebærer at befolkningen følger gjeldende nasjonale kostråd og at ingen spiser mer enn 500 g rødt og bearbeidet kjøtt i uka². Tiltaket innebærer at forbrukerne endrer sin adferd ved å redusere konsumet av rødt kjøtt og etterspør mer av norskprodusert korn, belgvekster, grønnsaker, frukt og bær.

Matsvinntiltaket tar utgangspunkt i den frivillige bransjeavtalen om reduksjon av matsvinn hvor målet er å halvere matsvinnet i Norge i hele verdikjeden for mat innen 2030 sammenliknet med 2015. Begge disse tiltakene er beregnet å gi stort reduksjonspotensiale på nasjonalt nivå, henholdsvis 1 170 000 og 210 000 tonn CO₂-ekvivalenter i 2030 for Norge samlet (Miljødirektoratet, 2023). På nasjonalt nivå står disse tiltakene med andre ord for mer enn en fjerdedel av reduksjonspotensialet i jordbruket.

Dersom disse tiltakene gjennomføres, vil det kreve tilpasninger i jordbruksproduksjonen. Spesielt redusert forbruk av rødt kjøtt som følge av endringer i kostholdsråd, vil påvirke det grasbaserte husdyrholdet, som utgjør en stor del av produksjonsgrunnlaget i regionen.

Gudbrandsdalen kan selvsagt sette inn tiltak for at befolkningen i regionen spiser i tråd med de nasjonale kostholdstiltakene. Dersom etterspørselen endres, er imidlertid tilpasninger av produksjonen til etterspørselen i markedet et ansvar som ligger nasjonalt, til næringen i form av markedsregulering og virkemidler over jordbruksavtalen. I dette oppdraget er tiltak i jordbruket i regionen sentralt, og vi ser det derfor ikke som sentralt å gå nærmere inn i vurdering av disse tiltakene.

Når det gjelder matsvinn, skjer det største svinnet hos forbrukerleddet. Svinnet i primærproduksjonen skjer primært i grøntproduksjonen. I rapporten *Matsvinn i grøntsektorens primærledd* (Landbruksdirektoratet 2023) ser de på årsaker og tiltak. Siden grøntsektoren er en liten i Gudbrandsdalen, har vi ikke prioritert å vurdere disse tiltakene ytterligere..

5.2 Bedre håndtering av husdyrgjødsel

Håndtering, lagring og spredning av husdyrgjødsel er regulert i forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav. Forslag til revidert gjødselregelverk ble sendt på høring 20. mars 2024 og gjeldende forskrift vil bli erstattet av forskrift om lagring og bruk av gjødsel (gjødselbrukforskriften). I denne rapporten er det kun tatt hensyn til gjeldende forskrift og ikke fremtidige endringer. Eventuelle fremtidige endringer vil kunne påvirke tiltakspotensialet.

² Utslippspotensialet for kostholdstiltaket er basert på kostholdsråd som var gjeldende i 2023. I nye kostholdsråd lansert i 2024 er mengden rødt og bearbeidet kjøtt redusert til 350 g i uka.

Det er hovedsakelig fire tiltak som er aktuelle å vurdere for reduksjon av utslipp fra håndtering av husdyrgjødsel (Rivedal mfl., 2019), hvorav tre av dem er spesifisert som tiltak i «Klimatiltak i Norge mot 2030» (Miljødirektoratet, 2023).

- Spredning av husdyrgjødsel
- Dekke på gjødsellager svin
- Bedre spredetidspunkt og lagringskapasitet
- Bedre arealfordeling av husdyrgjødsel

Utslippsbesparelsene kommer særlig fra mindre tap av ammoniakk (NH_3) til luft og derav lavere indirekte utslipp av lystgass (N_2O) på grunn av de komplekse prosessene i nitrogenkretsløpet. Dette skyldes at når ammoniakk fra landbruksaktiviteter fordampes og senere avsettes igjen i miljøet, kan det gjennomgå mikrobielle nitrifikasjons- og denitrifikasjonsprosesser som omdanner det til N_2O . I tillegg vil redusert tap av nitrogen gi mulighet for å redusere tilførsel av nitrogen fra mineralgjødsel. Dette gir reduserte utslipp av lystgass som dannes fra spredning av mineralgjødsel. Viktige tilleggseffekter av tiltakene er at de reduserer utslipp av ammoniakk til luft og fosfor og nitrat til vann (Miljødirektoratet, 2020).

Vi vil nedenfor kort redegjøre for tiltakenes betydning i nasjonal kontekst, og deretter potensialet i Gudbrandsdalen.

5.2.1 Spredning av husdyrgjødsel

Når det gjelder spredetiltak for husdyrgjødsel er det størst potensiale for reduksjon av ammoniakktap ved endring av spredemetode på eng, men det er også noe å hente på endring av rutiner ved spredning på åker (Rivedal mfl., 2019).

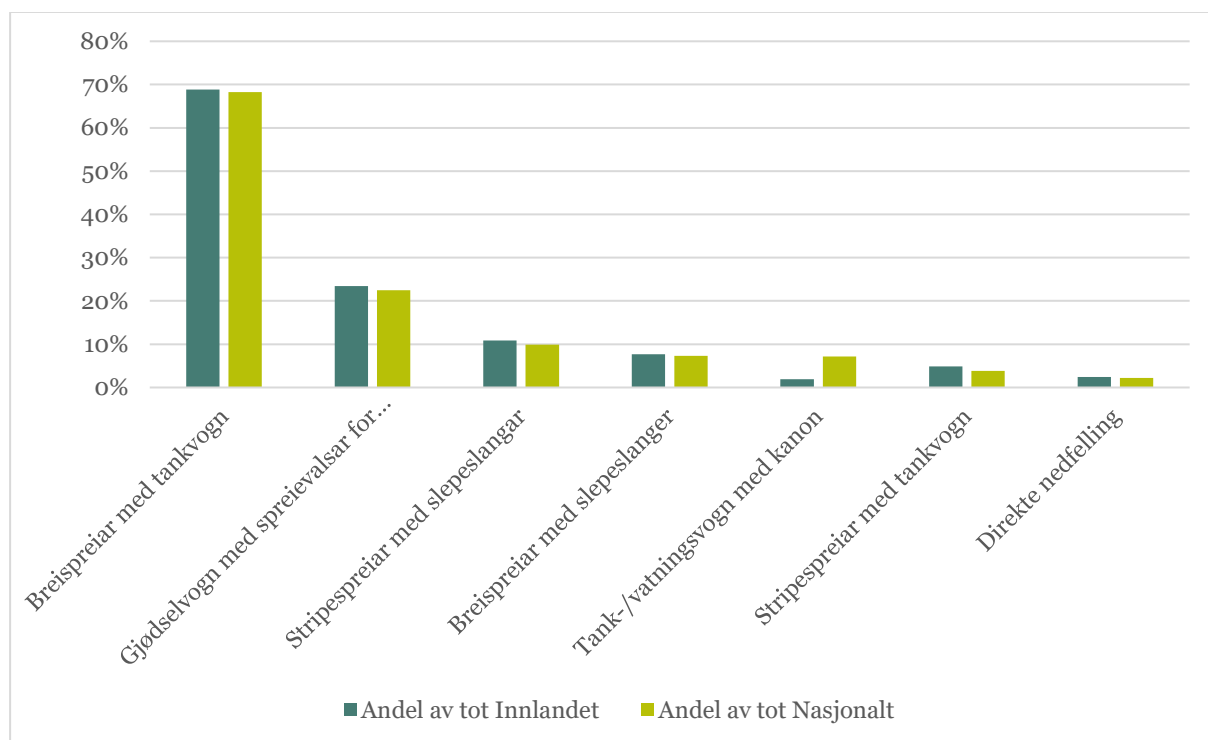
Både nedfelling og nedlegging av husdyrgjødsel reduserer ammoniakktap, og nedfelling reduserer ammoniakktapet mest. Det er likevel nedlegging med stripespreder som er det mest aktuelle tiltaket, da dette er den mest effektive spredemetoden. I kombinasjon med slangetilførsel gir dette redusert jordpakking i forhold til ved bruk av tankvogn. Det kan være utfordrende å bruke slange- og stripespredning på små teiger og areal som ligger langt fra husdyrgjødsellageret, og det er usikkert hvor stor andel av husdyrgjødsel som i praksis kan bli spredd med denne metoden. I Miljødirektoratets beskrivelse av aktuelle tiltak, er det for dette tiltaket forutsatt at man øker andelen av husdyrgjødsel som blir spredd med stripespreder fra 25 % i 2020 til 64 % i 2030, med lineær innfasing fra 2021 (Miljødirektoratet, 2023). Tiltaket kombineres med økt innblanding av vann som reduserer ammoniakktap i seg selv, men som også er nødvendig for at stripespredning kan gjennomføres i praksis. Det er forutsatt en økning i andelen husdyrgjødsel som har vanninnblanding fra 21 % i 2020 til 64 % i 2030.

Hvis vi ser på potensialet for utslippsreduksjoner ved spredning på åpen åker er det økning av andel nedmoldet gjødsel kort tid etter spredning som gir størst reduksjon i utslippene. I forutsetningene som er lagt til grunn i Miljødirektoratets beregninger er det forutsatt at andelen av gjødsel som moldes ned innen en time, økes fra 13 til 25 % innen 2035 og at andelen gjødsel som ikke moldes ned før etter 12 timer (eller aldri) reduseres fra 29 til 0 %.

På landsbasis gir stripespredning i kombinasjon med mer vanntilsetting i eng og nedmolding i åpen åker en mulig reduksjon i klimagassutslipp på 24 000 tonn CO_2 -ekvivalenter per år ved full innfasing i 2035 (Byers mfl., 2024). Dette inkluderer effekten av redusert bruk av mineralgjødsel-nitrogen som følge av reduserte N-tap. I forhold til totale utslipp fra jordbrukssektoren er dette en reduksjon på nesten 5 %.

Den mest finmaskede statistikken for spredemetoder i eng er tilgjengelig på fylkesnivå. Det betyr at det ikke er mulig å gå inn i de enkelte kommunene i Gudbrandsdalen eller se på regionen under ett. Det er

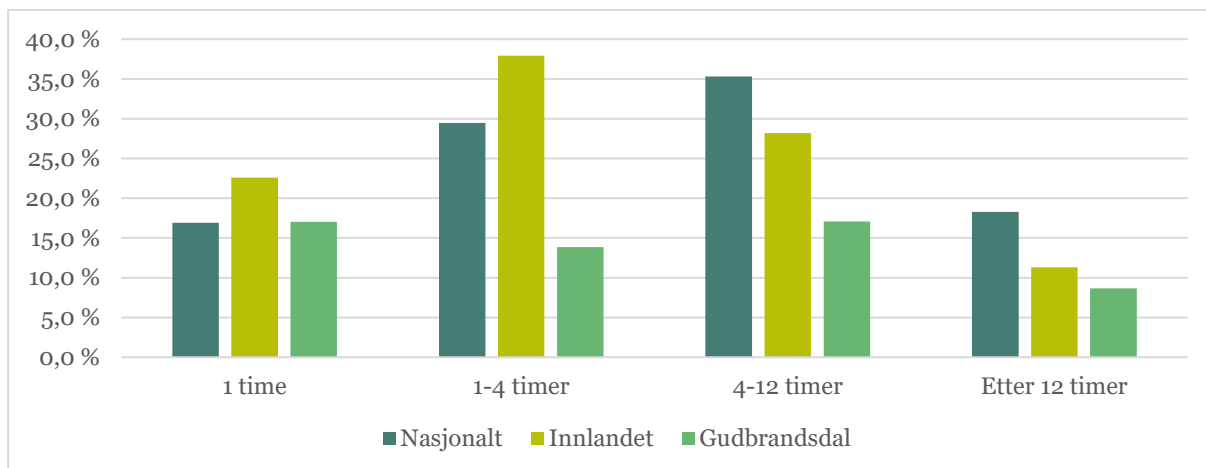
derimot mulig å gjøre noen antagelser basert på søknader om tilskudd og kunnskap om jordbruksarealet i Gudbrandsdalen, samt tallene for Innlandet fylke.



Figur 10. Fordeling av spredemetoder for husdyrgjødsel på eng i Innlandet sammenlignet med hele landet, oppgitt i andel jordbruksbedrifter 2020 Kilde: SSB (2020a).

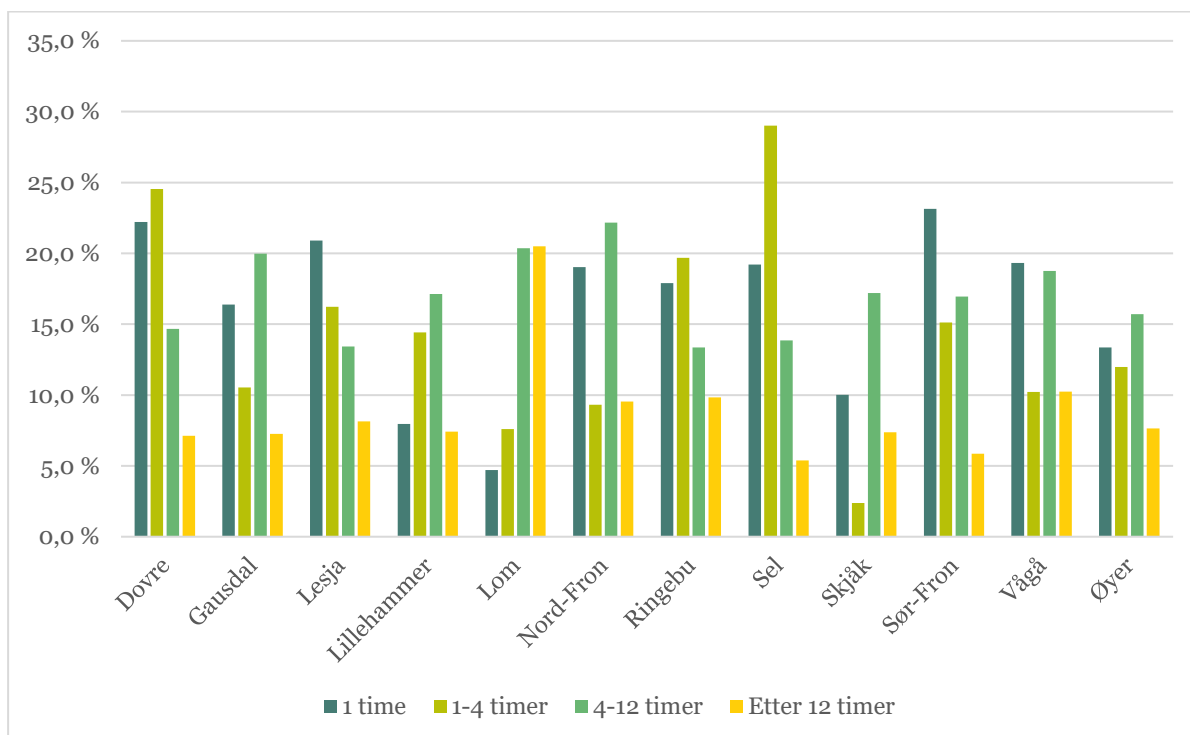
Innlandet fylke er ganske likt tallene for hele landet samlet (Figur 10), mens det er noe mindre spredning med kanon og noe mer med slepeslanger og ulike typer stripespredning i Innlandet sammenlignet med landet som helhet.

Når det gjelder tall for tidspunkt for nedmolding av gjødsel i åker er statistikken tilgjengelig ned til kommunenivå. Derimot skiller ikke den offisielle statistikken mellom åker og eng. Dermed vil det fremstå som om en stor andel ikke nedmolder, da også spredning på eng regnes som ikke nedmoldet. Tallene som presenteres for nedmolding er derfor fratrukket tallene for ikke nedmoldet, altså er fordelingen oppgitt for de som faktisk nedmolder mens resten er holdt utenfor.



Figur 11. Fordeling på tid etter spredning til nedmolding for spredning på åker oppgitt i andel av areal som nedmoldes. For Gudbrandsdalen, Innlandet inkludert Gudbrandsdalen og nasjonalt. Kilde SSB (2020b).

Gudbrandsdalskommunene har noe mindre nedmolding innen 1 time etter spredning enn Innlandet totalt, men like stor andel som landet som helhet (figur 11). Når vi ser på nedmolding i løpet av 1-4 timer har Gudbrandsdalen vesentlig mindre nedmolding enn Innlandet sett under ett og nasjonalt. Det samme gjelder etter 4-12 timer og etter 12 timer.



Figur 12. Andel nedmolding til ulike tid etter spredning i Gudbrandsdalen fordelt på kommuner basert på statistikk for hele landet 2020. Kilde SSB (2020b).

Selv om oppdraget er å se på Gudbrandsdalen som helhet er det interessant for forståelsen av potensialet å se på fordeling kommunevis (Figur 12). Lom, Skjåk, Lillehammer er de tre kommunene som har lavest andel nedmolding etter 1 time (4,7 - 10,0 %). Sør-Fron, Dovre og Lesja er kommunene med høyest andel nedmolding etter 1 time (20,9 - 23,2 %).

Innenfor ordningen med regionalt miljøtilskudd gis det tilskudd for miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel (Landbruksdirektoratet, 2024). Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel er i hovedsak

definert som stripespredning og nedlegging i eng, i tillegg nedmolding i åker. Nedmolding er et vilkår for å få tilskudd til stripespredning på åpen åker, disse to tiltakene bør derfor følge hverandre.

Gudbrandsdalen har en stor andel husdyrproduksjon, som i sin tur gir mye husdyrgjødsel. Kombinert med kunnskap om bruk av spredemetoder og nedmolding gir dette en pekepinn på at fokus på miljøvennlige spredemetoder kan ha en positiv effekt på klimagassutslippene i regionen. Tiltakenes effekt vil variere mellom de ulike områdene i regionen grunnet ulike driftsformer, kjøreavstand og lignende. Kjøreavstand fra driftssenter til areal som skal spredes kan påvirke muligheten til å gjennomføre tiltaket, eller påvirke hvilken spredemetode som brukes (Gjellestad, 2018) da det påvirker tidsbruk og økonomi.

Ifølge søknader om miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel i det regionale miljøprogrammet for 2023 (Slettahaug, pers. komm februar 2024) ble det i Gudbrandsdalen søkt om tilskudd for spredning på 54 465 dekar voksende kultur, og 4 836 dekar for nedmolding innen to timer i åker, totalt 59 301 dekar. Dette er om lag 12 % av det totale jordbruksarealet full/og overflatedyrka mark i regionen, 479 675 dekar. Informasjon fra søknader i kombinasjon med tilgjengelig statistikk tilsier at det er et potensiale for reduksjon av klimagasser gjennom mer miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel i regionen.

5.2.2 Dekke på gjødsellager svin

I Miljødirektoratets rapport «Klimatiltak i Norge mot 2030» er *JO4-1 dekke på gjødsellager svin* et av tiltakene for å redusere utslipp av ammoniakk og metan fra svinegjødsel. For at dekke på gjødsellager skal gi best mulig effekt for både ammoniakk og metan, må tett dekke kombineres med "annet flytende dekke", dvs. et lag av halm, bark eller torv som flyter oppå gjødsla. Ammoniakktafet fra lagring av grisejødsel er lite, så den viktigste effekten er reduserte metanutslipp. Dette krever porøst dekke der metan kan oksideres. I Miljødirektoratet sine beregninger av effektene av dette tiltaket er det lagt inn en forutsetning om at alle åpne kummer for svinejødsel blir dekket med "annet flytende dekke" (halm, bark, eller torv), mens de andre lagrene blir som før.

Ifølge Landbruksundersøkelsen 2020 (SSB 2021) ble 32,4 % av grisejødsla lagret i åpne kummer, mens 4,4 % ble lagret i kummer med annet flytende dekke. Det er lagt til grunn en lineær innfasing av tiltaket fra 2023 til 2035 der alle åpne kummer får porøse dekker. Beregnet nasjonalt potensial for utslippsreduksjoner ved full innfasing i 2035 er 8 000 tonn CO₂-ekvivalenter, når det ikke tas hensyn til andre tiltak (Byers mfl., 2024). På nasjonalt nivå vil tiltaket utgjøre en reduksjon på mindre enn 2% av totalutslippet fra jordbrukssektoren.

For storfejødsel har tidligere utregninger vist at tak og dekke på utendørs lager ikke gir utslippsreduksjon slik modellene beregner utslipp i dag. (Rivedal mfl., 2022). Det er ikke regnet på effekten av konkrete tiltak for endring i lagersystem for gjødsel av småfe og fjørfe.

Fast tak i kombinasjon med flytende dekke på svinejødsel er kun aktuelt for de kommunene som har svinproduksjon, det vil si Skjåk, Sør-Fron og Øyer. Potensialet for utslippsreduksjon vil være prosentvis likt som nasjonalt, forutsatt at fordelingen av ulike lagermetoder for svinejødsel er lik som fordelingen nasjonalt. I og med at svin ikke er en stor produksjon i Gudbrandsdalen vil effekten av tiltaket antagelig være enda lavere i realiteten.

5.2.3 Bedre spredetidspunkt og lagringskapasitet

Spredetidspunkt er regulert i lov, mens det er vanskelig å kvantifisere når det faktisk spres i de ulike kommunene. Ifølge gjødselundersøkinga i 2018 (Kolle og Oguz-Alper 2020) ble 6-7 % og 9 % av husdyrgjødsla brukt til henholdsvis eng/beite og åker spredt om høsten, men vi har ikke data spesifikt for Gudbrandsdalen. Flytting av spredetidspunktet fra høst til vår vil ikke gi de store effektene slik utslippsregnskapet beregner dette (Rivedal mfl., 2022), og tiltaket er ikke omtalt nærmere i rapporten.

Det er grunn til å tro at effekten er større enn det som kan beregnes og det er en generell anbefaling å redusere spredning av husdyrgjødsel om høsten til et minimum.

Kommunen kan gi tilskudd til tak over gjødsellager gjennom SMIL-ordningen (spesielle miljøtiltak i landbruket). Innovasjon Norge har tilskudd til bygging av gjødsellager (Innovasjon Norge, 2024). Hvis flere får tak over gjødsellagene vil dette gi større lagerkapasitet og dermed vil flere kunne lagre gjødsel over tid og spre om våren.

5.2.4 Bedre arealfordeling av husdyrgjødsel

Dette tiltaket innebærer at gjødselmengden på de arealene som er svært intensivt gjødslet i dag, flyttes til mindre intensivt gjødslede arealer, slik at man får mer avlingseffekt av husdyrgjødsel og dermed også kan gi redusert behov for mineralgjødsel. Om lag 40 % av jordbruksarealet får tilført husdyrgjødsel i løpet av en sesong, og gjennomsnittlig mengde er 2,8 tonn per dekar (Rivedal et al., 2022).

Det er enn så lenge ikke regnet på potensialet for dette på nasjonalt nivå, og vi har heller ikke grunnlag for å gjøre vurderinger av potensialet for Gudbrandsdalen. Vi viser ellers til tiltaket om bruk av husdyrgjødsel til biogassanlegg, som vil kunne føre til at omfordeling av gjødsel fra gårder med mye husdyrgjødsel per arealenheter til de med mindre tilgang, blir enklere å få til.

5.3 Husdyrgjødsel til biogassproduksjon

Biogass dannes når organisk materiale brytes ned uten tilgang til luft. Metan og karbondioksid utgjør mesteparten av biogassen. Biogass regnes som karbonnøytralt fordi det dannes fra biologisk materiale.

Ved å utnytte husdyrgjødsel som innsatsfaktor i biogassproduksjon reduseres lagringstiden på husdyrgjødsel, noe som gir lavere utslipp av metan og lystgass fra gjødsellager.

I beregningen av potensialet for dette tiltaket i «Klimatiltak i Norge mot 2030» har Miljødirektoratet lagt til grunn at andelen husdyrgjødsel som går til biogassproduksjon utgjør 25 % i 2030. Dette er en betydelig økning fra dagens nivå (1 % i 2019). Det er lagt til grunn at 6 % av gjødsel behandles på gårdsanlegg og resten på større anlegg sammen med andre typer råstoff. For Norge er det beregnet at tiltaket vil gi en reduksjon på rundt 60 000 tonn CO₂-ekvivalenter/år i 2030 i jordbrukssektoren. Reduksjonspotensialet for tiltaket inkluderer ikke utslipp i andre sektorer som f.eks. transport av husdyrgjødsel eller utslipp fra biogassproduksjonen. Utslppsreduksjoner i andre sektorer ved at biogass erstatter fossile brenslere er heller ikke inkludert.

Den samlede kostnaden og nytteverdien av biogassproduksjon basert på husdyrgjødsel avhenger av faktorer som hvor mye lagringstiden av husdyrgjødsel på gården reduseres, utnyttelsesgraden på biogassanlegget, transportavstand og hvordan biogassen og bioresten kan brukes. Avstanden mellom gårdsbrukene og biogassanlegget er kanskje den viktigste kostnadsfaktoren i denne sammenhengen (Bardalen mfl., 2018).

Det er ett biogassanlegg i Innlandet, Mjøsanlegget biogass, lokalisert på Lillehammer som produserer biogass basert på matavfall fra 18 eierkommuner i Innlandet. Anlegget tar ikke imot husdyrgjødsel.

Kommunene Ringebu, Sør-Fron og Nord-Fron har sammen med Midt-Gudbrandsdal renovasjonsselskap (MGR) gjennomført en mulighetsstudie for etablering av et eller flere utvinningsanlegg for biogass basert på husdyrgjødsel og eventuelt våtorganiske avfall i Midt-Gudbrandsdalen. Studien viser at det er mulig å etablere et anlegg for biogassproduksjon i Midt-Gudbrandsdalen forutsatt at en rekke suksesskriterier innfris. Forprosjektet, som ble ferdigstilt i 2018, anslår at den totale mengden husdyrgjødsel som kan bli tilgjengelig for anlegget er 93 000 tonn/år. Massebalansen viser at det er potensiale for produksjon av ca. 2,3 mill. Nm³ biogass (metan) per år. Dette tilsvarer en energimengde på ca. 23 GWh/år (Multiconsult, 2018).

Forprosjekt del 2 skal danne grunnlag for en investeringsbeslutning for et biogassanlegg i Midt-Gudbrandsdalen. Forprosjekt del 2 består av tre delprosjekter, der to allerede er gjennomført: Delprosjekt 1 tar for seg råvaregrunnlaget og kartlegger tilgjengelig råstoff (Rambøll, 2020). Delprosjekt 2 kartlegger økonomiske og tekniske løsninger ved biogassprosjektet. Beregnet biogassproduksjon er 2,6 mill. Nm³ som tilsvarer 26 GWh/år (2 500 000 L diesel/år) (Norconsult, 2021). Delprosjekt 3, ROS-analysen, gjenstår.

Det er også gjennomført et forprosjekt for å vurdere om det er økonomisk realiserbart å opprette et biogassanlegg på Otta i Sel kommune basert på råstoff som inkluderer husdyrgjødsel, slakteriavfall, matavfall, meieriavfall og renseanleggslam. Basert på beregningene som er foretatt i prosjektet og tilhørende forutsetninger, konkluderes det med at et biogassanlegg på Otta er realiserbart. Dette forutsetter fortsatt tilgang på slakteavfall (Klimasats, 2019). Norturas anlegg på Otta ble nedlagt i 2020. Andre aktører jobber for tiden med å etablere et nytt Gudbrandsdal slakteri som vil kunne gi tilgang til slakteavfall, men det er foreløpig ingen planer om videre utredninger av biogassanlegg på Otta.

Husdyrgjødsel har lavt tørrstoffinnhold og et biogassanlegg basert på husdyrgjødsel vil derfor være avhengig av å behandle et mye større volum enn for eksempel et biogassanlegg basert på matavfall for å behandle samme mengde tørrstoff. Husdyrgjødsel gir også lavere energiutbytte enn andre typer råstoff. Lavt biogassutbytte på gårdsanlegg gjør derfor denne typen biogassanlegg til det minst lønnsomme. Transport og av gjødsel og eventuell avvanning av gjødsel før transport er også kostbart. Manglende teknologi for å utvinne fosfor og uønsket innhold fra bioresten utgjør også barrierer (Miljødirektoratet, 2023). Rapporten Klimatiltak i Norge mot 2030 peker også på regulatoriske barrierer. Ombygging av eksisterende biogassanlegg slik at de også kan ta imot husdyrgjødsel ville være den mest kostnadseffektive måten å produsere biogass på, men manglende mottakskapasitet for husdyrgjødsel og avsetning av biorest utgjør barrierer her.

Det gis tilskudd til levering av husdyrgjødsel til biogass. Tilskudd betales ut til bonden per levert tonn gjødsel eller beregnet gjødselmengde basert på dyretall for gårdsanlegg. Investeringsstøtte gis gjennom Bionova og tilskudd til bygging av biorestlager og tilskudd til gjødselseparator gis gjennom Investering og bedriftsutvikling i landbruket.

5.4 God produksjonsstyring og agronomi

I klimaplan for landbruket er et av satsningsområdene avl og friskere husdyr. De norske avlsorganisasjonene for de ulike husdyrslagene har alle brede avlsmål som i tillegg til produksjonsegenskaper inkluderer egenskaper for friskere og mer effektive dyr. Dette fokuset på holdbare dyr med god produksjon har historisk bidratt til å redusere utslipp fra produksjonen gjennom at dyr som vokser raskt og produserer godt har lavere utslipp per produsert enhet enn dyr som ikke utnytter ressurstilgangen optimalt. Tilgang på genetisk bedre dyr gjennom avlsfremgang drar den enkelte produsent nytte av og det slik sett ikke et tiltak som gjennomføres på gårds-/kommunenivå ut over at produsenter bør bruke genetikk som gir en mest mulig optimal produksjon i sin besetning.

Det er derimot en generell klimaeffekt å hente på forbedringer i produksjonen gjennom tiltak som gir friskere dyr, raskere oppføring, kortere omløpstid, flere avvente dyr per morder, økende overlevelse og lignende. Prinsippet er «jo lenger dyret lever uten å produsere noe, desto mer utslipp totalt og per enhet produkt fra dyret» (Aas mfl., 2024). Bedre produksjonsstyring har potensiale til å gi en reduksjon i klimagassutslipp på gårdsnivå for alle husdyrproduksjoner. En modell kalt HolosNor ligger til grunn for klimakalkulatoren for landbruket, og kan også benyttes til å se på forskjeller mellom gårdsbruk i produksjonseffektivitet, samt klimaeffekten av å bedre produktiviteten på gårdsnivå for de ulike produksjonene. Ved en forbedring av den dårligste 1/3 av besetningene for ammeku til midtre del for egenskapene lavere kalvedødelighet, antall levende kalver per årsku og

slaktetilvekst kan utslipp fra en besetning reduseres med 6 til 18 % avhengig av om forbedringen skjer på en av egenskapene eller på alle tre kombinert. Samme beregning er gjort for sau, hvor man så på økt antall avvente lam per søye, økt tilvekst hos lam og økte slaktevekter. Her ble utslippsintensiteten redusert med mellom 4,4 til 9 %. For gris er forskjellen mellom sterke og svake besetninger på 15 % (Aas mfl., 2024)

En del av produksjonsstyringen kan være bruk av tilsetningsstoffer i fôret og/eller forbedret grovfôrkvalitet, noe som kan redusere produksjon av enterisk metan fra husdyr og/eller redusere behovet for antall dyr for å opprettholde ønsket produksjonsnivå (Miljødirektoratet, 2023). Effekten av tiltaket med fôrtilsetninger er foreløpig ikke kvantifisert. Under følger en kort beskrivelse av tiltakene, men med bakgrunn i begrensede økonomiske rammer har vi ikke prioritert å gå nærmere inn på disse tiltakene i denne rapporten.

Tilsetting av såkalte «metanhemmere» som fôrtilskudd til drøvtyggere er et tiltak som det er knyttet store forventninger til fordi det potensielt kan gi stor reduksjon av metanutslipp fra husdyrproduksjon. «Metanhemmere» er en samlebetegnelse for fôrtilsetninger som reduserer produksjonen av metan i vomma på drøvtyggere. Dette er foreløpig på utprøvningsstadiet i Norge (Landbruks- og matdepartementet, 2022). Metanhemmerne som er tilgjengelige i dag må tilføres kontinuerlig for å ha en effekt (Olsen og Skreden, 2023), noe som gjør at tiltaket antagelig er mest aktuelt under innefôringsperioden. Det er varierende resultater med de ulike tilsetningsstoffene når det gjelder virkning på metanproduksjon i vomma. Dette er et tiltak som kan ha påvirkning på metanutslipp fra drøvtyggere, men virkningen av de ulike stoffene må dokumenteres under norske forhold hvis det på sikt skal kunne inkluderes i det norske klimaregnskapet.

Bedre grovfôrkvalitet kan oppnås gjennom høsting av graset på tidligere utviklingsstadium. Tidlig høstet grasavling har høyere fôrverdi, noe som er gunstig for fôropptak, produksjonseffektivitet og metanutskillelse hos drøvtyggere. Avl, bedre dyrehelse og fruktbarhet vil gi mer optimalisert produksjon, med bedre fôrutnyttelse og lavere utslipp per produsert enhet. Dersom etterspørselen holdes konstant, vil dette kunne gi redusert utslipp fra husdyrproduksjon (Miljødirektoratet, 2023). Det er imidlertid behov for flere studier på sammenhengen mellom høstetidspunkt, innhold av fiberfraksjoner, sukkerforbindelser og ufordøyelig fiber og produksjonen av metan i vomma. I tillegg må grovfôrkvalitet sees i sammenheng med nettoeffekten på klimautslippene på gårdsnivå, spesielt effekten på avlingsmengde, karbonbalansen i jorda, bruk av mineralgjødsel, produksjon og økonomi (Aas mfl., 2024).

God agronomi handler i korthet om å ta vare på dyrkingsgrunnlaget og optimalisere dyrkingsforholdene (Byers mfl., 2024). Optimalisering av dyrkingsforholdene innebærer å ha god jordkvalitet og god dreneringstilstand samt å redusere risiko for jordpakking, avrenning og tap ved avrenning. God agronomi omfatter også tiltak som tildeling av rett mengde gjødsel og kalk til rett sted og tid, vekstskifte og fangvekster samt effektiv kontroll av ugras og andre skadegjørere. Dette vil kunne resultere i lavere utslipp per produsert enhet fordi avlingen øker uten at man øker mengden innsatsfaktorer (gjødsel, plantevernmidler etc.).

Det er utslipp av lystgass fra nitrogengjødsling som er den største kilden til klimagassutslipp fra jordbruksjord og optimalisering av jordbruksforholdene er viktig for å sikre at mest mulig av det tilførte nitrogenet utnyttes til avling istedenfor å gå tapt til vann eller luft. Indirekte kan god agronomi også gi reduserte utslipp fordi økte avlinger gir mindre behov for nydyrking.

Av tiltakene innen god agronomi vil vi omtale drenering og fangvekster mer i detalj.

Eksemplene over tilsier at forbedring av produksjonsstyringen på husdyrsiden og bedre agronomi, kan ha stor innvirkning på det nasjonale klimagassregnskapet. For å oppnå resultater på dette området er rådgivning og økt kompetanse sentralt, det er mye å hente på å heve den dårligste delen av produsentene. Forbedret produksjon vil også gi økt økonomisk utbytte for den enkelte bonde.

5.5 Drenering

God drenering er sentralt for god agronomi og er i tillegg et viktig klimatilpasningstiltak. Drenering gir bedre vannhusholdning, økt bæreevne og redusert risiko for jordpakking. Jordpakking har stor påvirkning på rotutvikling, infiltrasjon av vann, utnyttelse av næringsstoffer og avlingsnivå. Behovet for drenering vil trolig øke som følge av klimaendringene med flere, mer langvarige og mer intense nedbørsepisoder.

Når man snakker om drenering som klimatiltak er det viktig å skille mellom drenering av mineraljord og organisk jord (myrjord). Drenering av myrjord gir kontinuerlige utslipp av karbondioksid i lang tid fordi torva brytes gradvis ned med tilgang til oksygen. Det er derfor et viktig klimatiltak å redusere disse utslippene. En mulighet for å redusere utslipp fra tidligere drenert myr, som også gir bedre bæreevne og dreneringstilstand, er omgraving. Ved omgraving legges mineraljord som et profilert topplag over myrjorda og eventuelt i skråstilte lag der vannet kan drenere fra overflata til undergrunnen. Det er en forutsetning at den organiske jorda ligger over egnet mineralmasse og at dybden på det organiske sjiktet ikke er for stor (< 1,5 m). Med et tilstrekkelig tykt lag av mineralmasse som topplag blir metan fra myrjorda oksidert til karbondioksid i dekket, noe som kan redusere metanutslipp fra omgravd myr (Rivedal mfl., 2020). Hvordan omgraving av tidligere grøftet myr påvirker karbonbalansen har man i dag ikke estimat for, men det blir jobbet med å tallfeste dette med grunnlag i norske feltforsøk. I tørre områder kan tørke være et problem på omgravde areal og ved påkjøring av mineralmasse, og en metode som heller blir brukt er å blande mineralmasse inn i den organiske jorda. Denne metoden vil kunne ha positiv effekt på avling, men sannsynligvis ikke ha stor påvirkning på klimagassutslipp (Weldon mfl., 2024). Andre tiltak på myr er restaurering og paludikultur (dyrking på våtmark), men dette vil redusere avling.

Drenering av mineraljord kan gi reduserte utslipp av lystgass, både direkte og indirekte. Det er foreløpig stor usikkerhet rundt dreneringens direkte virkning på lystgassutslipp fra mineraljord. Tiltaket kan ikke bokføres i klimagassregnskapet i dag da det ikke er utviklet metodikk for å beregne lystgassutslipp. Lokale forskjeller avhenger av jordtype og tilstand, topografi og klima. Det er også store variasjoner i utslipp av lystgass gjennom året og innenfor områder av et jorde (Byers mfl., 2024). Flere undersøkelser utført i Norge viser likevel større utslipp av lystgass fra dårlig drenert jord (Hansen mfl., 2020).

God drenering kan indirekte gi lavere utslipp av lystgass fordi jorda blir mindre utsatt for pakking. Indirekte kan det også gi effekter på avling og gjødselbruk. Større avlinger gir bedre utnyttelse av tilført nitrogengjødsel og dermed mindre tilgjengelig nitrogen i jorda (Hauge mfl., 2020). Foreløpig mangler dokumentasjon på endret gjødslingspraksis hos bonden etter drenering og dermed er disse effektene likevel noe usikre (Byers mfl., 2024).

Som beskrevet over, er jordsmonnet avgjørende for i hvilken grad drenering er et godt klimatiltak. NIBIO kartlegger jordsmonn på fulldyrka og overflatedyrka jord gjennom jordkartleggingsprogrammet (NIBIO, 2024b). For Gudbrandsdalen som helhet er 56 % av det fulldyrka og overflatedyrka arealet kartlagt. Fire kommuner (Lesja, Nord-Fron, Sør-Fron og Ringebu) er så godt som fullstendig jordsmonnkartlagt, mens tre kommuner (Skjåk, Lillehammer og Gausdal) er delvis jordsmonnkartlagt. I de fem siste kommunene er så godt som ingenting jordsmonnkartlagt (22 % kartlagt i Sel kommune).

I kommunene som er kartlagt helt eller delvis, utgjør de tre klassene *dyp organisk jord*, *grunn organisk jord* og *organisk overflatesjikt over mineraljord* til sammen mellom 0,3 og 5,0 % av det kartlagte jordsmonnet. Dette viser at myrjord utgjør en liten andel av den kartlagte fulldyrka og overflatedyrka jorda i regionen. På grunn av at disse arealene gir store utslipp per areal, kan det være et aktuelt klimatiltak å gjøre seg mer kjent med hvor disse arealene er, vurdere tiltak for å redusere utslipp fra disse arealene fremover, samt hvordan forholde seg til de arealene som per nå ikke er jordsmonnskartlagt.

I forbindelse med jordsmonnskartleggingen deler NIBIO arealene inn i 11 ulike klasser i henhold til den mest begrensede jordegenskapen på arealet. For det kartlagt arealet i Gudbrandsdalen er helt eller delvis vannmetning den mest begrensede jordegenskapen på mellom 5-24 % av arealene, noe som viser at det er et betydelig behov for drenering i regionen.

I dette arbeidet har vi fått opplysninger om grøfting og grøftebehov av de involverte kommunene i prosjektet. Opplysningene fra disse bekrefter også at det er behov for drenering. For kommunene nord i Gudbrandsdalen har de uttrykt at grøftebehovet er størst på elvesletter med kort avstand til grunnvannet og stor andel siltig jord. Elveslettene er også utsatt for flom. Lesjaleira står i en særstilling og disse arealene må med jevne mellomrom profileres for å opprettholde en bra dreneringstilstand. Det er i dag ca. 12 000 da dyrka mark på Lesjaleira.

Det er ifølge kommunene også grunn til å tro at mange av arealene med størst dreneringsbehov nord i dalen har blitt drenert siden ordningen «tilskudd til drenering av jordbruksjord» ble etablert for 10 år siden. Vi kjenner imidlertid ikke til i hvilken grad dette er kartlagt, og det kan være aktuelt å kartlegge dette.

De arealene som har blitt drenert representerer en mindre andel av det totale jordbruksarealet. Kommunene antar derfor at det vil være et løpende dreneringsbehov i årene som kommer etter hvert som eksisterende grøftesystemer blir eldre og må fornyes.

I Midt-Gudbrandsdalen og Lillehammerregionen anser kommunene grøftebehovet til å være størst på seterarealene og i dyrkingsfelt i fjellområder med varierende grad av organisk jord (myr). Myrjorda holder godt på vannet, og dreneringsbehovet kan være ganske høyt. Samtidig er dette ofte ekstensivt drevne arealer som ligger langt fra driftsenheten. Liten driftsmargin på seterareal med en slått, gjør at drenering blir nedprioritert. Bløte områder blir satt igjen uhøsta i stedet for å koste på drenering. Som nevnt over, gir drenering av myrjord kontinuerlige utslipp av klimagasser over lang tid og bør derfor i utgangspunktet unngås. Dersom endrede forutsetninger i fremtiden vil gjøre det mer lønnsomt å drenere disse arealene på nytt, bør det også vurderes hvilken effekt ny drenering vil ha for utslipp av klimagasser og om det er aktuelt å bruke metoder som kan gi lavere klimagassutslipp.

Det er også noe grøftebehov i dalbunnen på elveslettene (vollarealene) langs Lågen grunnet grunnvannspåvirkning og tett siltjord. På disse områdene er man avhengig av å ha åpne kanaler som fungerer.

Siden ordningen for tilskudd til drenering av jordbruksjord ble innført for 10 år siden har det vært en moderat oppslutning om ordningen i Lillehammerregionen. Kommunene antar derfor at det er en del jordbruksareal her som har behov for grøfting. Kommunene kjenner også til at gårdbrukere grøfter areal uten å søke om tilskudd. Dette gjelder stort sett der det er snakk om å grøfte små areal av et større jorde med en enkelt grøft.

Etter innføringen av grøftetilskudd i 2013 er det til sammen gitt tilskudd til nær 54 000 løpemeter usystematisk grøfting, 25 000 løpemeter avskjæringsgrøfter, systematisk grøfting av 410 dekar (Ringebu og Sør-Fron) og profilering av 850 dekar. Kommunene antar at det mange steder i Gudbrandsdalen trolig er mest aktuelt med usystematisk grøfting for å bedre forholdene på deler av et jorde, og det samsvarer også med at det historisk har vært en stor fordeling av tilskuddet til usystematisk grøfting de siste ti årene. Systematisk grøfting er for en del områder også aktuelt. Dette gjelder kanskje spesielt areal i fjellområdene i Lillehammerregionen, og på Selsvollene. Etter det vi kjenner til er det utført minimalt med omgraving i Gudbrandsdalen, noe som blant annet har sammenheng med den lave andelen myrjord i regionen.

Manglende privatøkonomisk lønnsomhet er den største barrieren for gjennomføring av dreneringstiltak. Det er store engangskostnader forbundet med drenering og inntjeningen av disse investeringene tar lang tid. Det er også store forskjeller i kostnader avhengig av hvilken metode man må bruke for å drenere. Er det mye stein i jorda må gravemaskin benyttes. Det kan tredoble kostnadene i forhold til drenering med rådalshjul (dyp plog bak traktoren). Høy andel leiejord er også

en barriere for å utløse potensialet. I snitt benytter 67 % av jordbruksbedriftene i Gudbrandsdalen seg av jordleie. Leid jordbruksareal utgjør i snitt 37 % av jordbruksareal i drift i alt.

Da det på nytt ble innført grøftetilskudd i 2013 var tilskuddssatsen 2500 kr/daa. Ved jordbruksoppkjøret i 2023 økte satsen til 4000 kr/daa. Førrige gang det ble gitt dreneringstilskudd (fram til 1986), ble tilskuddet utmålt som prosent av godkjent kostnadsoverslag, noe som tok bedre høyde for de store variasjonene i dreneringskostnader.

5.6 Fangvekster

Fangvekster er aktuelt på kornarealer og etter tidligkulturer av potet og grønnsaker. Fangvekstene tar opp næringsstoffer og hindrer erosjon og utvasking av næringsstoffer etter at hovedveksten er høstet og er et godt agronomisk tiltak for å få økt avlingene. I klimasammenheng kan de bidra til økt innhold av karbon i jorda ved å øke tilførselen av biomasse fordi de gir lengre utnyttelse av vekstsesongen. Det er spesielt røttene som er viktige for å øke mengden karbon i jorda. Fangvekster av grasarter er generelt mer effektivt enn belgvekster for å øke innholdet av karbon i jorda, fordi plantematerialet fra grasarter brytes saktere ned (Bøe mfl., 2019).

Effekten på utslipp av lystgass er usikker (Bøe mfl., 2019). Fangvekster kan ha ulike effekter på lystgass-utslipp: (1) økt direkte utslipp fra selve fangveksten, (2) redusert indirekte utslipp på grunn av redusert avrenning, (3) økt direkte utslipp fra N-mengde i nedpløyde fangvekster, og (4) reduserte direkte og indirekte utslipp ved å redusere mineral N-tilførsel til hovedvekst i året med fangvekster (samspillseffekt) og eventuelt året etter (forgrødeeffekt) (Byers mfl., 2024). En studie gjennomført i Danmark tyder på at fangvekster totalt sett kan gi reduserte utslipp av lystgass, men det er behov for mer kunnskap om effekten på utslipp av lystgass under norske forhold. Kortere vekstsesong (mindre karbonlagring) og større potensial for lystgassutslipp om vinteren på grunn av kalde vintre og episoder med frysing og tining kan gi andre resultater i Norge (Bøe mfl., 2019). For å dokumentere klimaeffekt av fangvekster under norske forhold, undersøker det pågående prosjektet CAPTURE både karbonbinding i jord og utslipp av lystgass i et norsk feltforsøk (CAPTURE, 2023).

I «Klimatiltak i Norge mot 2030» er fangvekster tiltak Jo6. Tiltaket går ut på at det sås fangvekster på 20 % av alt areal som potensielt er egnet for korndyrking. I praksis betyr dette at det må sås fangvekster på rundt 30 % av dagens kornareal. Det er lagt til grunn at 30 % av arealet er undersådde fangvekster og 70 % er ettersådde fangvekster. Karbonbindingen bokføres i sektoren skog og annen arealbruk, mens utslipp og opptak av lystgass bokføres i jordbrukssektoren. For Norge er det beregnet at tiltaket vil gi en reduksjon på 70 000 tonn CO₂-ekvivalenter i 2030 (samlet reduksjon på 0,29 millioner tonn CO₂-ekvivalenter totalt i perioden frem til 2030). Tiltaket bokføres ikke i utslippsregnskapet i dag (Miljødirektoratet, 2023).

Som vist over, er klimaeffekten av fangvekster foreløpig usikker under norske forhold. Fangvekster har imidlertid andre positive effekter som redusert erosjon og avrenning av næringsstoffer til vann, samspillseffekt og forgrødeeffekt. Det er også et aktuelt klimatilpasningstiltak. Det gis tilskudd til fangvekster i Regionalt miljøprogram for Innlandet, men vi kjenner ikke til omfanget av bruk av fangvekster i Gudbrandsdalen.

5.7 Biokull

Biokull lages i en prosess kalt pyrolyse som innebærer oppvarming av biomasse ved høy temperatur under begrenset tilgang på oksygen. Under pyrolyse gjennomgår karbonet i biomassen endringer på molekylært nivå, noe som fører til at biokull blir svært motstandsdyktig mot biologisk nedbrytning. I praksis betyr det at hvis man lager biokull og pløyer det ned i jorda, kan det bli liggende der i flere hundre år (Rasse, 2017).

Biokull har et stort teoretisk potensial for lagring av karbon i jord. Når biokullet er pløyd ned i åkeren kreves det ikke vedlikehold fra bonden, og biokull kan brukes i landbruksjord uavhengig av type gårdsdrift. Biokull kan bidra til både raskere og mer langsom nedbrytning av organisk karbon som allerede finnes i jorda. En gjennomgang av flere studier viser likevel at tilførsel av biokull på lang sikt gir en akkumulering av karbon i jorda (Rasse mfl., 2019). Biokull reduserer også utslippene av lystgass fra jord (Rasse et. al., 2020).

Samlete funn fra internasjonal forskning viser generelt at biokull bidrar positivt til både forbedring av jordkvalitet og avling. Forskning fra Norge og Norden viser en beskjeden positiv effekt på jordkvalitet, og ingen effekt på planteavling når ubehandlet biokull ble tilført dyrkingsjorda (O'Toole mfl., 2022).

Det foregår for tiden mye forskning på bruk av biokull på ulike måter i jordbruket, blant annet tilsetning av biokull i komposteringsprosesser, gjødselvarer og som tilsetningsstoff i dyrefôr og mye er fortsatt usikkert.

Biokull er vurdert som et tiltak i «Klimatiltak i Norge mot 2030», og i beregningene der er det forutsatt at det i 2030 blir produsert og tilført 30 000 tonn biokull til jordbruksjord. Det forutsettes videre at biokullet produseres på industrielle anlegg, kommunale anlegg og gårdsanlegg fordelt med en tredjedel på hver av disse. Det forutsettes også at hogstavfall, flis og avfall fra park og hage utgjør en stor del av råstoffet og at alle anlegg utnytter varme fra pyrolyseprosessen til fjernvarme eller oppvarming på gården. For Norge er det beregnet at tiltaket med disse forutsetningene, vil gi en reduksjon på 80 000 tonn CO₂-ekvivalenter i 2030. Tiltaket bokføres ikke i utslippsregnskapet i dag (Miljødirektoratet, 2023).

Potensialet for å øke jordas innhold av karbon gjennom tilførsel av biokull er høyest på mineraljord med lavt til middels innhold av organisk materiale (< 3,5 vektprosent organisk karbon i overflatesjiktet). I de kommunene i Gudbrandsdalen som er helt eller delvis jordsmonnkartlagt utgjør denne jordtypen mellom 83 og 97 % av det kartlagte jordsmonnet. Isolert sett kan dette indikere at bruk av biokull kan være et aktuelt tiltak i Gudbrandsdalen. Foreløpig mangler det gode verdikjeder for biokull (Miljødirektoratet, 2023), og de agronomiske nytteverdiene av produktene som i dag er på markedet er for lave til å dekke kostnadene. Dette har medført at det foreløpig ikke er stor utbredelse av dette tiltaket. Fra 2023 har Innlandet som et av fire fylker innført tilskudd til spredning av biokull i åpen åker i regionalt miljøprogram. Det er en forutsetning at biokullet nedmoldes etter spredning. Biokullet kan spres sammen med husdyrgjødsel.

6 Arealbruksendringer

Skog og arealbrukssektoren spiller en nøkkelrolle for økt karbonlagring, men og for utslippsreduksjoner. Arealbruksendringer er en viktig årsak til utslipp. Kommunenes arealplanlegging er derfor avgjørende for utviklingen av klimagassutslipp fremover. I det følgende gir vi en kort gjennomgang av aktuelle tiltak knyttet til arealbruksendringer gjengitt fra «Klimatiltak i Norge mot 2030».

6.1 Redusert hyttebygging og annen nedbygging av areal

Nedbygging av arealer fører til utslipp når biomasse fjernes og når jorda bearbeides eller fjernes. Det er nedbygging av skog og myr som gir høyest utslipp av CO₂ i klimagassregnskapet. Myr kan gi høye utslipp på to måter, enten høye umiddelbare utslipp om myren fjernes når det bygges ut, eller utslipp over mange tiår når myren dreneres og det organiske materiale begynner å brytes ned. Det siste kalles drenert organisk jord.

NIBIO har på oppdrag fra Rogaland fylkeskommune gjennomført en studie av karbonrike arealer (skog, myr, torvmark i skog og jordbruksareal med organiske grunnforhold) i fylket. Studien viser at en realisering av alle vedtatte planer som innebærer nedbygging av avsatte karbonrike arealer i Rogaland som helhet innebærer et utslipp i størrelsesorden 2 780 000 tonn CO₂-ekvivalenter over en periode på 20 år (Aune-Lundberg mfl., 2023). Nesten alle utslippene vil komme fra nedbygging av skog. Studien viser at arealpolitikken i rurale områder har stor betydning for framtidig karbonlagring.

Tiltak L01-03 i «Klimatiltak i Norge mot 2030» beregner effektene av å henholdsvis unngå nedbygging, flytte nedbygging til mindre karbonrike arealer og forbedre utbygging (bygge mer arealeffektivt, unngå bearbeiding og fjerning av jord eller bevare mest mulig vegetasjon). For Norge som helhet er det beregnet at tiltak L01 og L02 kan gi en reduksjon i 2030 på inntil henholdsvis 1 700 000 og 1 600 000 tonn CO₂-ekvivalenter. Potensialet for tiltak L03 er ikke beregnet, men det er forventet at det vil ha en positiv effekt. Beregningene viser at tiltak her har stort potensial, og bør vies oppmerksomhet.

Arealbruksendringer fra skog til utbygd areal utgjorde den største kilden til utslipp i arealbrukssektoren i Gudbrandsdalen i perioden 2016-2020 (Figur 9). Tiltak som innebærer å unngå, flytte eller forbedre utbygging vil derfor ha stor innvirkning på utslippene av klimagasser fra Gudbrandsdalen.

Planreserven (båndlagt, ikke utbygd areal) er på totalt 50 347 dekar og består av 36 507 dekar skog, 9 451 dekar åpen fastmark, 2 590 dekar fulldyrka jord, 1 098 dekar myr, 612 dekar innmarksbeite og 89 dekar overflatedyrka jord (Arealregnskap Innlandet, 2024).

Arealregnskap Innlandet er laget ved en sammenstilling av offisielle datasett for Norge sammen med arealplanbasen for hele fylket. Ved hjelp av analyseverktøy er arealformålene som er brukt i arealplanbasen kontrollert opp mot hva som faktisk er kartlagt bygget i terrenget. Metoden er ikke helt nøyaktig, og planreserven må derfor sees som et retningsgivende tall for hvor mye areal man har båndlagt og ennå ikke bygget ut.

Kommunene i Gudbrandsdalen er store hyttekommuner. Totalt båndlagt areal (summen av allerede utbygd og planlagt utbygd) til fritidsboliger utgjør 40 422 daa totalt i de 12 kommunene. Av dette utgjør planreserven (båndlagt, ikke utbygd areal) over halvparten (21 788 dekar).

Planreserven for fritidsbebyggelse består av 18 535 dekar skog, 2154 dekar åpen fastmark, 328 dekar fulldyrka jord, 145 dekar innmarksbeite, 591 dekar myr og 22 dekar overflatedyrka jord.

Arealregnskap Innlandet har også en funksjon som beregner hvilke utslipp en utbygging av planreserven innebærer. For å beregne dette, brukes Miljødirektoratets parametere for

arealbruksendringer og medfølgende utslipp. Analyseverktøyet har hentet disse parameterne fra Miljødirektoratets verktøy "Beregne effekt av arealbruksendringer" (Miljødirektoratet, 2024b).

Ved hjelp av dette verktøyet finner vi at en utbygging av hele planreserven for fritidsbebyggelse i Gudbrandsdalen vil gi et utslipp tilsvarende ca. 750 000 tonn CO₂-ekvivalenter samlet over en periode på 20 år. Selv om dette bare må anses som retningsgivende, gir det likevel et grovt anslag for klimaeffekten av utbygging, og at utslippene fra denne aktiviteten er betydelige.

Vi anbefaler en gjennomgang av planreserven med tanke på mulig reduksjon av skog, myr og andre karbonrike arealer som er avsatt til utbygging.

6.2 Redusere omdisponering fra skog til jordbruksformål

Tiltak LO4 i «Klimatiltak i Norge mot 2030» går ut på å unngå omdisponering av skog til jordbruksformål og er på landsbasis beregnet å gi reduserte utslipp på inntil 660 000 tonn CO₂-ekvivalenter i 2030 (Miljødirektoratet, 2023).

Arealbruksendringer fra skog til dyrket mark utgjorde den nest største kilden til utslipp i arealbrukssektoren i Gudbrandsdalen i perioden 2011-2020 (figur 9). Dette viser at kommunene i Gudbrandsdalen kan redusere sine utslipp av klimagasser ved å redusere omdisponering av skog til jordbruksformål.

Tall fra statistikkbanken (SSB) viser at det i årene 2020-2023 ble godkjent nydyrking av i alt 4333 dekar i Gudbrandsdalen (SSB, 2024d).

Omdisponering av jordbruksarealer til andre formål, som for eksempel nedbygging, er en driver for nydyrking. Hvis omdisponeringen av jordbruksarealer reduseres, vil også behovet for nydyrking av skogarealer reduseres.

6.3 Stans i nydyrking av myr

Nydyrking av myr ble forbudt i 2020, men dispensasjon kan gis av kommunen i særlige tilfeller. Tiltak JO5 i «Klimatiltak i Norge mot 2030» går ut på stans i all nydyrking av myr fra 2024.

Utslippsreduksjonene fordeler seg mellom lystgass, som bokføres i jordbrukssektoren, og CO₂, som bokføres i skog og arealbrukssektoren. Det er beregnet at tiltaket vil gi en reduksjon på 85 000 tonn CO₂-ekvivalenter i 2030 samlet for begge sektorer. Bevaring av myr kan også gi positive effekter på naturmangfold, bidra til klimatilpasning gjennom flomdemping og vannregulering og til økosystemtjenester som vannrensing og rekreasjon (Miljødirektoratet, 2023).

Omdisponering av dyrket mark er den viktigste driveren for nydyrking av myr (Miljødirektoratet, 2023). Den beste matjorda ligger i mange tilfeller nær bebyggelse og er spesielt utsatt for omdisponering. Ved å redusere omdisponeringen av dyrket mark vil også behovet for nydyrking av myr bli redusert. Knapphet på leiejord kan også gjøre det mer lønnsomt å nydyrke grunnet høye leiepriser.

6.4 Utfasing av uttak av torv og myrrestaurering

For å ta ut torv må myra først dreneres. Dette gir nedbrytning av organisk materiale og utslipp av klimagasser. Utslippene kommer både fra torva som er fjernet og fra den gjenværende, drenerte myra. I «Klimatiltak i Norge mot 2030» er utfasing av uttak av torv tiltak L17. For Norge er det beregnet at utfasing av torvuttak kan gi en reduksjon i utslipp inntil 40 000 tonn CO₂-ekvivalenter i 2030 (Miljødirektoratet, 2023).

Dersom man skal hindre utslipp fra den drenerte myra der det er drevet torvuttak, må den restaureres tilbake til myr. Myrrestaurering er tiltak L18. Det er ikke gjort beregninger for utslipp ved restaurering

av myr, men det antas at økte metanutslipp fra en restaurert myr i de først årene vil overstige effekten av reduserte utslipp av lystgass og karbondioksid. På lengre sikt vil en restaurert myr kunne gå over fra å være utslippskilde til å fange karbon. Hvor lang tid dette vil ta vil variere fra myr til myr.

Restaurering av myr fanges ikke opp av klimagassregnskapet i dag. Restaurering av myr vil også oppfylle mål om restaurering av natur (Miljødirektoratet, 2023).

Det er flere torvuttak i Gudbrandsdalen, men vi har ikke kartlagt disse. En kartlegging av torvuttak vil kunne gi et bedre bilde av uttakens bidrag til klimagassutslipp.

7 Skogforvaltning

Skog er en sentral del av landskapet i Gudbrandsdalen, som den andre største arealbrukskategorien (Figur 5). Og det er lange tradisjoner for skogbruk i regionen. Fokus i dette kapitlet er på arealer hvor det allerede drives skogbruk.

Nasjonalt sett, og også i regionen (Figur 6), er trenden at opptaket i skogen går ned. Dette er dels en naturlig utvikling, vi får stadig mer eldre skog som vokser mindre, og det dør flere trær. Det har også vært en økning i hogst. Redusert skogkulturinnsats på 1990- og 2000-tallet kan også være en medvirkende årsak.

Noe som kjennetegner de fleste tiltakene i skogbruket, er at det tar flere år før en virkelig ser effekten av tiltakene. God foryngelse og ungskogpleie gir effekter over hele omløpet, samtidig som effekten akkumuleres over år ettersom arealet øker (kun et begrenset areal som avvirkes og forynges hvert år). Men skogskjøtselen gjennom hele omløpet påvirker tilveksten, og er dermed viktig også for opptak av CO₂. Skogskjøtsel for god tømmerkvalitet kan også styrke skogens klimabidrag, gjennom å øke andelen som holder sagtømmerkvalitet og kan benyttes i langlevde produkter. Ettersom det var begrensede midler i prosjektet, så trekker vi her bare frem noen utvalgte fokusområder (foryngelse, ungskogpleie, nitrogengjødsling og hogstaldet). Det er imidlertid ingen uttømmende oversikt, og flere andre tiltak kan være aktuelle. Utvalget er knyttet til et tradisjonelt bestandsskogbruk, men utelukker ikke for eksempel lukkede hogstformer som et mulig klimatiltak på egnede lokaliteter (Granhus mfl. 2024).

Det har i dette oppdraget ikke vært midler til å se nærmere på tilstanden i Gudbrandsdalen spesielt, slik at vi viser her til bakgrunnsbeskrivelse fra prosjektplanen for «Prosjekt Skogsatsing i Midt- og Nord-Gudbrandsdalen 2024 – 2026 Klima- og stedstilpasset skogbruk i en grønn framtid»³ for lokal statistikk.

7.1 Foryngelse

Å sikre en rask og god etablering av ny skog etter hogst er et sentralt klimatiltak, da både ventetid og lav tetthet i fremtidsbestanden vil redusere potensialet for CO₂-opptak. Dette er grundig beskrevet i flere rapporter, bl.a. Søgaard mfl. (2023). Videre ønsker vi å peke på betydningen av treslagsvalg ikke bare for å identifisere det treslaget som kan produsere mest på det aktuelle arealet, men også i en avveining opp mot risiko knyttet til klimaendringer. Søgaard mfl. (2023) skriver blant annet «*Det er nå aktuelt å endre tidligere anbefalinger angående treslagsvalg, dels for å redusere sannsynligheten for stress og skader på skog, og dels for å ha treslag som er tilpasset nye klimaforhold. Endringene i treslagsvalg går delvis ut på risikospredning ved å satse mer på blandingskog, og delvis ut på en målrettet endring mot bedre tilpassede treslag.*»

Både tiltak for å sikre god oppfølging av foryngelse etter hogst på alt hogstareal, samt tiltak for å sikre mest mulig stedstilpasset skogbruk rustet for et klima i endring, er relevante i Gudbrandsdalen.

Om foryngelse står det blant annet følgende i fra prosjektplanen for «Prosjekt Skogsatsing i Midt- og Nord-Gudbrandsdalen 2024 – 2026 Klima- og stedstilpasset skogbruk i en grønn framtid»:

³ <https://mglandbruk.no/wp-content/uploads/2024/04/Prosjekt-Skogsatsing-i-Midt-og-Nord-Gudbrandsdalen-2024-2026.pdf>

- Det er vanskelig å komme med et konkret anslag på hvor mange dekar granskog som ikke plantes etter hogst, men det er sannsynligvis et potensiale for å øke plantingen med flere hundre dekar i året.
- Økt omfang av planting etter hogst i fjellskog, både gran og furu, vil gi større karbonbinding og økt framtidig ressurstilgang.
- Ikke alle arealer som er grandominerte i dag skal være det i framtida. Noen steder er det tidligere plantet gran på furumark, og gran på furumark har generelt dårlig volumproduksjon, og lav motstandskraft mot tørkeskader og insektangrep. Der hvor det avvirktes gran som står på furumark bør det plantes furu etter hogst, for å få til skog med god vekst og sunnhet, som er bedre rustet til å tåle framtidens klima. Mange steder vil det være mest fornuftig å plante barblandingsskog.

Å sikre god foryngelse inkluderer en lang rekke tiltak, som starter med valg av fremtidstreslag og hogstform, tilrettelegging av foryngelsesfeltet med markberedning og/eller grøfterensking ved behov, valg av plantetetthet og plantetype (inkl. foredlet plantemateriale), samt oppfølging i etterkant med suppleringsplanting ved behov. I alle valg vil stedstilpasning være essensielt.

7.2 Ungskogpleie

Klimakur 2030 om ungskogpleie (Miljødirektoratet mfl. 2020): «Ungskogpleie er avgjørende for hvilke muligheter man har til å påvirke kvalitet, stabilitet og volumproduksjon ved framtidig skogbehandling. Ved å gi framtidstrærne plass til å utvikle krone og rotsystem på et tidlig stadium, får man god stabilitet. Dette minsker risiko for vindfall når trærne blir større, spesielt om man planlegger å tynne bestandet i framtiden.».

Om ungskogpleie står det blant annet følgende i fra prosjektplanen for «Prosjekt Skogsatsing i Midt- og Nord-Gudbrandsdalen 2024 – 2026 Klima- og stedstilpasset skogbruk i en grønn framtid»:

- En sammenligning av gjennomsnittlig ungskogpleieareal og avvirket volum viser at det gjennomsnittlig avvirktes 89 m³ tømmer for hvert dekar ungskogpleie som utføres i Midt- og Nord-Gudbrandsdalen. Det vil si at det årlige avvirkningsarealet er minst 4 ganger så stort som ungskogpleiearealet. Dette er en tydelig indikasjon på at det gjennomføres alt for lite ungskogpleie i forhold til behovet.

Riktig utført ungskogpleie gir økt CO₂-opptak, bedre tømmerkvalitet og større stabilitet / mindre risiko for skader. Inkludert i ungskogpleien må være stedstilpasning i både treslagsvalg og valg av tetthet i bestandet.

7.3 Nitrogengjødsling

I Søgaard mfl. (2023) beskrives tiltaket slik: «Der hvor mangel på nitrogen begrenser skogens tilvekst, vil nitrogengjødsling gi økt diameter- og høydevekst, og dermed øke det årlige CO₂-opptaket. Den vanligste gjødslingsmetoden i norsk skogbruk er å tilføre 15 kg nitrogen per daa omtrent 10 år før hogst. Dette vil øke skogens tilvekst med rundt 0,1-0,2 m³ per daa og år i en periode på 8-10 år, eller omtrent 1,5 m³ ekstratilvekst. I tillegg vil nitrogengjødsling påvirke mengde og kvalitet av strø, og sammensetningen av mikroorganismer i jorda. De fleste studier viser at også mengden organisk materiale i jorda øker ved nitrogengjødsling.» Nitrogengjødsling i skog er et av de mest utredede klimatiltakene i skogbehandlingen, og ble sist vurdert i rapporten "Vurdering av tilskuddsordning for gjødsling av skog" (Landbruksdirektoratet mfl. 2021).

Det er også for nitrogengjødsling viktig å gjøre stedstilpassede vurderinger, både med hensyn på hvilke bestand som gjødsles og når det gjødsles. Søgaard mfl. (2023) peker blant annet på at «Gjødsling bør utføres noen år etter tynning, fordi begge tiltakene kan gi en økt fare for vindfall rett etter

gjennomføringen, og fordi tynning også gir en gjødslingseffekt.», samt at en må passe på at det ikke er andre faktorer som begrenser veksten (lys eller tilgang på vann) slik at gjødslingseffekten uteblir.

7.4 Hogstalder

Vanligvis regnes skogen som hogstmoden når den når minstealder for h.kl. V. Da er det imidlertid også en økonomisk komponent med i bildet, og fra et rent klimaperspektiv bør skogen få stå enda noe lenger. Dersom skogen får stå frem til middeltilveksten kulminerer, så vil en sikre maksimal karbonlagring over tid. Det ideelle fra et klimaperspektiv er at skogen får stå å vokse videre noen år etter h.kl. V. Det avvirkes allikevel betydelige arealer før h.kl. V, og statistikk fra Resultatkartleggingen for skogbruk og miljø viser at omlag en fjerdedel av skogarealet sluttavvirkes før skogen er hogstmoden (Bergseng mfl., 2018; Bjørken & Gjellan, 2021).

Dersom skogen har dårlig helsetilstand vil det ikke nødvendigvis være gunstig å overholde skogen utover h.kl. V, og det kan også være riktig fra et klimaperspektiv å avvirke før h.kl. V. I en spørreundersøkelse utført av NIBIO svarer 30 % av skogeierne at skogens helsetilstand var et viktig motiv for hogst når de hadde avvirket før h.kl. V. Det tyder imidlertid på at for 70 % var det andre årsaker til hogst, og det pekes på virkespris og driftsforhold som viktige motivasjonsfaktorer for hogst (Belbo og Granhus 2023).

Tiltak for å sikre at skogen ikke hogges for tidlig kan følgelig være et viktig klimatiltak. Og i motsetning til flere andre tiltak et som har effekt på både kort og lang sikt. Å la skog som fortsatt vokser godt få stå å vokse flere år sammenliknet med å avvirke og flytte skogen over i h.kl. I og II og en fase med ingen eller lav vekst har en umiddelbar effekt, samtidig som en klimaoptimal hogstalder fører til at en maksimaliserer CO₂-opptak og karbonlagring på skogarealet også på lang sikt.

8 Betydningen av utmarksbeiteareal

Grunnet utbredelsen av utmark og betydningen for drøvtyggerproduksjonen i dalen var det spesifikt bedt om en gjennomgang av utmarksbeite i oppdraget. Vi har derfor gått inn i kunnskapsgrunnlaget for dette området.

Utmarksbeite har historisk sett hatt stor betydning i Norge, spesielt gjelder dette for sau, men også geit og storfe slippes i fjell og annen utmark. Det har de siste 20 årene være en svak nedgang nasjonalt i antall sau som slippes på beite, geit har vært relativt stabilt, mens storfe på beite har mer enn doblet seg (NIBIO 2023).

Utslipp fra beitende dyr

Utenlandske undersøkelser antyder at drøvtyggere som beiter kan ha et redusert utslipp av klimagasser under beiting sammenlignet med når de står oppstallet, men dette vil avhenge av mange faktorer, blant annet fôrkvalitet, type beite, målemetode og annet og det er behov for mer forskning på området (Thompson og Rowntree 2020). I Norge er det to pågående prosjekter «Klimagassutslipp fra dyr på beite» og «MethanePasture – økt bærekraft i mjølk og kjøtt fra drøvtyggere» for å registrere metanutslipp fra storfe og sau på norske beiter.

I tillegg til mulig reduksjon av utslipp av metan under drøvtygging vil spredning av husdyrgjødsel som skjer naturlig når dyra beiter gi lavere klimagassutslipp sammenlignet med gjødsellagring og spredning når dyra står oppstallet (Rivedal mfl., 2019).

Beitingens effekt på karbonlagring

Beiting kan påvirke sammensetningen av planter gjennom endrede konkurranseforhold. Grasarter har vekstpunktet lavt og tåler derfor beiting og tråkk bedre enn planter som har vekstpunktet høyere opp. Lyng, lav og høye urter taper i konkurransen, først og fremst fordi de ikke tåler tråkk som følger med beiting (Rekdal & Angeloff, 2017). Vekstenes evne til lagring av karbon kan måles på flere ulike måter. Mengde organisk biomasse over jord og vegetasjonens grønnfarge er indikatorer som ofte er brukt i kombinasjon med målinger av CO₂-utveksling og mengde karbon i jorda.

Forsøk i Hol viste at et middels beitetrykk over syv år på grasmark i fjellet, angitt som 25 søyer med lam per km², ga en liten økning av karbonlagring i jordsmonnet i forhold til ubeitete vegetasjon. Høyt beitetrykk, angitt som 80 søyer med lam per km², ga redusert karbonlagring (Martinsen mfl., 2011). Det er derfor avgjørende at beitetrykket ikke blir for høyt, samtidig som det er høyt nok til å unngå gjengroing med krattvegetasjon.

Hillestad mfl. (2023) gjennomførte en undersøkelse av karbonopptak og karbonlager i beita og ikke beitete grasmark i tre seterområder i Oppdal. De fant ikke signifikante forskjeller på karbonlagre i jorda. Dette er i tråd med det som legges til grunn i metodikken fra IPCC for beregning av karbonlagring i beitemark, hvor det ved bærekraftig beitetrykk ikke er netto endring i karbonlager i jord over tid. Hillestad mfl. (2023) fant derimot signifikant mer organisk materiale i biomassen over jord i de beitete områdene enn i de ikke-beitete områdene, samt mer intens grønnfarge som indikerer mer opptak av karbon.

Thorhallsdottir & Gudmundsson (2023) sammenliknet områder med lang og kjent beitehistorikk og områder som ikke var beitet på over 50 år på tre ulike gårder på Island. De fant at det ble lagret signifikant mer karbon i biomassen over jorda på de beitete arealene sammenliknet med arealer som ikke var beitet. En må imidlertid være varsom med å trekke for direkte paralleller mellom situasjonen på Island, som er svært ulik Norge når det kommer til trevegetasjon, med situasjonen i Norge.

Målinger fra et område nær Hjerkins (1100 moh.) som var beitepåvirket av inntil 25 sau per km², viser at mengden karbon som var lagret i jorda var større i engvegetasjon med gras, urter og mose enn i lyngvegetasjon og krattbevokst vegetasjon dominert av vier. Mengden karbon i jorda var lavest i feltet med krattbevokst vegetasjon (Sørensen mfl., 2018).

Når tidligere åpne arealer som beitemark gror igjen med skog, bindes karbon i trærne og tilførselen av strø øker. Endringen i vegetasjon over bakken fører samtidig til en endring i sammensetningen av nedbrytere i jorda. Dette kan igjen påvirke nedbrytningshastigheten av organisk materiale og mengden karbon som til enhver tid er lagret i jorda. Tonjer mfl. (2021) undersøkte jordlivet i transekter (langs en linje) på tvers av tregrensa på ni ulike steder i Sør-Norge. De fant et klart skifte i sammensetningen av soppfunnet mellom fjellbjørkeskog under tregrensa og alpin hei dominert av krekling over tregrensa. Sopp spiller en sentral rolle i nedbrytning av organisk materiale (Tonjer mfl., 2021). Det ble ikke gjort målinger av totalt karbonlager i jorda og Tonjer mfl. (2021) understreker at mer data trengs før man kan trekke konklusjoner om karbondynamikk.

Albedo-effekt versus karbonlagring i trær

Beiting på utmarksbeite hindrer gjengroing av åpent skogløst areal under klimatisk skoggrense og påvirker albedoeffekten, særlig i områder med langvarig snødekke (Kolberg mfl., 2023). Lyse overflater, som et åpent og lyst kulturlandskap, reflekterer en større del av sollyset (høy albedo) enn mørke overflater (lav albedo), som for eksempel skog. Dette påvirker igjen varmeopptaket fra solinnstrålingen og har derfor påvirkning på klimaet, men er ikke noe som hensyntas i klimagassregnskap. Implisitt bidrar det imidlertid samtidig til å redusere karbonlagring i trær, slik at effekten på albedo må sees i sammenheng med redusert opptak av CO₂ i trær.

Forholdene i Gudbrandsdalen

NIBIO har i tidsperioden fra 1980-tallet til i dag kartlagt vegetasjon og beitekvalitet i en rekke fjell- og beiteområder i Gudbrandsdalen. Vegetasjons- og beitekvalitetskartene fra disse kartleggingsprosjektene er tilgjengelig på NIBIOs kartportal Kilden. Det finnes også rapporter fra disse kartleggingene med detaljerte beskrivelser og tallfesting av hvor mye areal av hver beitekvalitetsklasse som finnes innenfor kartleggingsområdet. Reduksjon i tradisjonell seterdrift medfører at landskapet rundt setrene endrer seg fra åpen grasrik beitemark til et landskap hvor einer, vier, gran og bjørk tar over (Bryn, 2008). NIBIO har i tillegg laget fylkesvise statistikker basert på utvalgsundersøkelser. Disse gir en grovmaske oversikt over utmarksbeiteressursene og kan brukes der det ikke er gjennomført detaljert kartlegging.

I kartportalen Kilden finnes også tall og kart som gir informasjon om hva som faktisk nyttes i dag av areal og antall dyr på utmarksbeite (beitelagskart på nett). Denne kilden dekker ikke den beitingen som ikke inngår i organisert beitebruk. Landbruksdirektoratet har oversikt over hvor mange dyr det er gitt produksjonstilskudd til for bruk av utmarksbeite. Det har ikke vært rom til å sammenstille data fra disse kildene innenfor dette prosjektet.

Kommunene i Gudbrandsdalen har imidlertid selv som innspill til dette prosjektet, laget en oppsummering for sine utmarksbeiteområder. Kommunene rapporterer at det sakte, men sikkert blir færre dyr på utmarksbeite og flere beitelag forteller om "tomme lommer" i sine beiteområder hvor det tidligere beitet besetninger som nå er borte. Ved å sammenholde tall fra organisert beitebruk med beregninger av beitekapasitet basert på kartlegging av vegetasjon finner kommunene at mange områder tåler større beitetrykk enn det dyretallet i statistikken for organisert beitebruk viser (det reelle tallet på beitedyr vil i noen områder være noe høyere da ordningen med organisert beitebruk ikke omfatter alle beitedyr).

Kommunene har også pekt på at det er stor variasjon i dyretetthet mellom ulike beiteområder. Mens mange områder har for lavt beitetrykk til å hindre gjengroing, finnes det også lokalt områder der beitetrykket er betydelig. Lang transportvei og avstand for tilsyn med dyra er en utfordring for fortsatt

bruk av utmarksbeiteområder. I en del områder er det også en god del tap til fredet rovvilt. I områder med mye hyttebygging kan det være konflikt mellom beitedyr og hyttegjester.

Oppsummert

Som redegjort for over, viser forskning noe sprikende resultater når det gjelder utmarksbeitets bidrag til lagring av karbon i jord. Det er foreløpig utført lite forskning og det finnes ingen langtidsstudier fra utmarksbeite i Norge. Områdene som brukes til utmarksbeite er dessuten svært varierte og vil ha ulike jordforhold, klima og vegetasjon. Resultater fra et område vil derfor ikke nødvendigvis være overførbare til andre områder. Videre kan det tenkes at innholdet av karbon i jorda på deler av utmarksbeitet allerede er høyt og at potensialet for ytterligere økning av karboninnholdet derfor er begrenset. Vi har også sett at beiting kan være negativt ved for høyt beitetrykk. Det er derfor avgjørende at beitetrykket ikke blir for høyt, samtidig som det er høyt nok til å unngå gjengroing med krattvegetasjon. Det er behov for mer forskning på dette feltet for å få god kunnskap om norske forhold. Betydningen av albedoeffekten av beitingen, sett opp mot effekten av redusert karbonlagring i skogen er også effekter som vil variere fra sted til sted, og hvor det er behov for mer kunnskap.

I det nasjonale klimagassregnskapet rapporteres karbonlagring i trær basert på målinger i felt (Landsskogtakseringen måler trær også i utmarka utenom skog). Karbonlagring i jord beregnes basert på retningslinjene fra IPCC, med standard faktorer. En utvidelse av nasjonal jordkarbonovervåking til også å dekke åpne og glissent tresatte utmarksarealer vil kunne gi tall for karbonlager (hvor mye karbon det er i ulike vegetasjonstyper) og på sikt kunne bidra til bedre kunnskap om effektene av beiting på karbonlager.

9 Oppsummering

9.1 Sammenstilling av aktuelle tiltak

I tabell 1 er tiltakene omtalt i denne rapporten oppsummert. Tabellen viser vår vurdering av relevans og antatt effekt for Gudbrandsdalsregionen basert på gjennomgangen i denne rapporten. Vi har tatt utgangspunkt i mange av tiltakene slik de er framstilt i rapporten «Klimatiltak i Norge mot 2030». Disse tiltakene er angitt med en parentes og bokstav pluss tall etter tiltaksnavnet. Tiltak som kun er omtalt i denne rapporten har ikke en slik angivelse. Tabellen synliggjør også det nasjonale potensiale for utslippsreduksjon for tiltaket der det finnes. Dette er hentet fra Miljødirektoratets rapport, siden vi ikke har regionale beregninger på dette tilgjengelig.

Tabell 1. Oversikt over omtalte tiltak (tiltak med parentes bak navnet er hentet fra Miljødirektoratet (2023), øvrige tiltak kommer fra gjennomgang av rapporten) for reduksjon av klimagassutslipp eller karbonfangst i Gudbrandsdalen.

Tiltak	Tiltaksbeskrivelse	Nasjonalt potensiale i 2030 ^a	Relevans og antatt effekt for Gudbrandsdalen
Jordbruk			
Forbruk i tråd med gjeldende nasjonale kostråd (J01)	Ingen spiser mer enn 500 g rødt og bearbeidet kjøtt i uka	1,17	Høy, landsdekkende tiltak
Redusert matsvinn (J02)	Halvere matsvinnet i Norge i hele verdikjeden for mat innen 2030 sammenliknet med 2015	0,21	Høy, landsdekkende tiltak
Husdyrgjødsel til biogass (J03)	25 % husdyrgjødsel til biogassproduksjon	0,06	Høy, mye tilgjengelig gjødsel
Dekke på gjødsellager svin (J04-1)	Alle åpne kummer blir dekket med «annet flytende dekke»	0,002	Lav, få svineprodusenter i regionen
Miljøvennlig spredning (J04-2)	64 % stripespredning, 25 % nedmolding innen en time	0,012	Høy, mye gjødsel. Potensiale for bedre spredemetoder
Bedre spredetidspunkt og lagringskapasitet (J04-3)	100 % spredning vår og sommer	0,0005	Lavt, potensialet er i stor grad tatt ut på landsbasis
Stans i nydyrking av myr (J05)	Helt stopp i nydyrking	0,08 (0,005) ^b	Høy, har en del myr
Fangvekster (J06)^c	20 % fangvekster på kornareal	0,067	Lav, har ikke mye korn, usikker effekt
Biokull (J07)^c	Produsert og tilført 30 000 tonn biokull til jordbruksjord	0,08	Middels, mye jord med lavt innhold av organisk materiale, umoden verdikjede
J08 Førtiltak, avl og produksjonsstyring i husdyrhold^c	Optimalisert produksjon, lavere utslipp per produsert enhet	Ikke kvantifisert	Høy, det er stor husdyrproduksjon i regionen
God agronomi^c	Optimalisere dyrkingsforholdene og produksjon, lavere utslipp per produsert enhet	Ikke kvantifisert	Høy, det er stor produksjon i regionen
Drenering^c	Optimalisere dyrkingsforholdene	Ikke kvantifisert	Høy på mineraljord, grøftebehov
Utmarksbeite^c	Opprettholde tilstrekkelig beitetrykk og hindre gjengroing av utmarksbeite	Ikke kvantifisert	Usikkert, store arealer i regionen, usikker effekt
Arealbruk			
Redusert nedbygging av areal (L01), flytte nedbygging (L02) og forbedre nedbygging (L03)	Unngå nedbygging på arealer som inneholder karbon, all nedbygging av skog og myr	0-1,7 0-1,6	Høy, arealbruksendringer fra skog til utbygd areal utgjør

	flyttes til grå arealer, bygge mer effektivt		største utslippkilde i arealbrukssektoren
Redusere omdisponering av skog til jordbruksformål (L04)	Redusere avskoging av 24 000 dekar årlig og unngå omdisponering til beite og dyrket mark	0-0,66	Høy, stor andel skog, utgjør stor andel av utslippene
Skogbrukstiltak (L05-16)	Diverse skogkulturtiltak, se kapittel 7	Se kapittel 7	Høy, stor andel skog
Utfasing av uttak av torv (L17)	Helt stopp i uttak av torv.	0-0,04	Usikker
Myrrestaurering (L18)	Restaurering av myr som fortsatt er klassifisert som myr	Ikke kvantifisert	Usikker

^a oppgitt i millioner tonn CO₂-ekvivalenter, ^b tiltaket bokføres både i jordbrukssektoren (0,005) og skog og arealbrukssektoren (0,08), ^c bokføres ikke i dag.

9.2 Anbefalte tiltak

Vi er i dette oppdraget bedt om å peke på 3-5 tiltak som et grunnlag for kommunenes videre arbeid. Som rapporten viser, er kunnskapsgrunnlaget for å vurdere effekten av tiltakene og prioritere mellom dem varierende og det er behov for mer forskning og dokumentasjon. Andre forhold som gjør det utfordrende å prioritere mellom tiltakene er ulikheter i hvordan de rapporteres i klimagassregnskapet, at de ulike klimagassene har ulik levetid i atmosfæren, og at lokale forhold kan ha stor betydning for effektene av et tiltak.

Det vil bli svært krevende å nå de ambisiøse klimamålene som er satt både nasjonalt og internasjonalt. Skal Norge nå disse, må det jobbes på alle plan og med gjennomføring av mange tiltak. Vi ønsker derfor å peke på viktigheten av å jobbe bredt med en rekke tiltak og ha oppmerksomhet på andre enn de tiltakene vi løfter frem nedenfor, for å lykkes i omstillingen.

I vår vurdering av tiltak har vi sett hen til kommunens rolle og mulighet for å redusere utslippene i sin region. Kostholdstiltaket og matsvinntiltaket kan gi store endringer i jordbruket på nasjonalt nivå, men fører ikke nødvendigvis til redusert produksjon av storfe, sau og geit i regionen, jf. kapittel 5.1. Selv om potensialet for reduserte utslipp fra disse tiltakene er betydelige, har vi derfor likevel ikke prioritert disse tiltakene i dette oppdraget.

Når regionen skal jobbe videre med klimatilpassing, anbefaler vi at det i tillegg til tiltakenes effekt på utslipp av klimagasser og/eller binding av karbon, også vurderes effekter for andre landbrukspolitiske målsetninger, som matsikkerhet og beredskap, landbruk over hele landet, økt verdiskapning og bærekraftig landbruk som foreslått i Bardalen (2024). I den endelige vurderingen av hvilke tiltak vi mener kommunene bør gå videre med har vi derfor også sett etter mulige synergier og målkonflikter med målene i landbrukspolitikken samt om tiltaket bidrar til klimatilpassing. Med klimatilpassing mener vi å iverksette tiltak for å hindre eller redusere skade som oppstår som følge av endringer i klimaet. Skal vi lykkes med å redusere landbrukets utslipp av klimagasser, er det avgjørende at vi også lykkes med klimatilpassing av landbruket.

Utslippene fra jordbruket utgjør samlet 270 500 tonn CO₂-ekvivalenter og står for 48 % av de ikke kvotepliktige klimagassutslippene i Gudbrandsdalen, jf. kapittel 4. Fordøyelsesprosesser i husdyr og utslipp fra gjødselhåndtering utgjør til sammen 80 % av disse utslippene (218 000 tonn CO₂-ekvivalenter). Tiltak som bidrar til å kutte utslippene fra husdyr og gjødsel bør derfor prioriteres.

Utslippene i arealbrukssektoren skyldes i hovedsak arealbruksendringer og drenert myr. Overganger fra skog til henholdsvis utbyggt areal og dyrket mark er de største kildene til utslipp fra arealbrukssektoren i Gudbrandsdalen, jf. figur 6-9. Skogen utgjør dessuten en stor del av arealet og spiller en viktig rolle i klimasammenheng. Vi anbefaler derfor også å prioritere tiltak innen denne sektoren.

Ut fra disse vurderingene anbefaler vi at kommunene i Gudbrandsdalen i det videre klimaarbeidet i jordbruket bør arbeide videre med følgende tiltak:

- Bedret produksjonsstyring, fôrtiltak og god agronomi
- Drenering
- Bedre håndtering av husdyrgjødsel
- Husdyrgjødsel til biogass

I tillegg bør regionen ha fokus på:

- Redusert nedbygging og omdisponering av skog og andre karbonrike areal
- Stedstilpasset skogbehandling for å møte et endret klima

Vi vil i det følgende begrunne denne anbefalingen nærmere.

Tiltak som dreier seg om å bedre driften på den enkelte gården, enten det dreier seg om husdyrproduksjon, planteproduksjon eller en kombinasjon av disse gjennom **bedret produksjonsstyring og god agronomi** vil til sammen kunne ha stor effekt på klimagassutslippene fra både husdyrenes fordøyelse og fra jordbruksarealene. Tiltakene har indirekte effekt på utslipp av klimagasser via lavere utslipp per produserte enhet, men effekten på utslipp er ikke kvantifisert. I tillegg til effekten på klimagassutslipp vil bedre drift også føre til bedre økonomi for den enkelte bonde og økt verdiskapning i landbruket. Videre vil tiltaket gi bedre matsikkerhet og beredskap ved en mer stabil og optimalisert produksjon. På husdyrsiden vil det være slik at friske dyr og god dyrevelferd også gir god velferd for bonden. Det er spesielt mye å hente på å heve den dårligste andelen av produsentene og tiltaket er gjennomførbart i dag.

Drenering på arealer med mineraljord er avgjørende for god agronomi og er også et viktig klimatilpasningstiltak. Kommunene har også uttrykt at det er et behov for grøfting i regionen. Profilering, terrengforming og åpne kanaler kan bidra til senkning av grunnvannet og gi raskere opptørring. Dette er viktig da mye av jorda er utsatt for jordpakking. Vi har derfor valgt å trekke fram dette tiltaket spesielt. Tiltaket kan ha både direkte og indirekte effekter på utslipp av lystgass via effekter på avling. Drenering og hydrotekniske tiltak på mineraljord bidrar også positivt til verdiskapning, matsikkerhet og beredskap. Heller ikke for dette tiltaket er effekten tallfestet, og det kan ikke bokføres i klimagassregnskapet i dag. Høye engangskostnader forbundet med tiltaket utgjør en betydelig barriere og det kan være behov for flere virkemidler for å utløse dreneringstiltak.

Grøfting av **tidligere drenert myrjord** kan bidra til å øke utslippet av klimagasser og andre tiltak bør derfor vurderes for disse arealene.

Husdyr utgjør en stor del av landbruket i Gudbrandsdalen og samletiltaket **bedre håndtering av husdyrgjødsel** bør derfor prioriteres. Tiltaket kan bokføres i utslippsregnskapet, og tiltaket med størst potensiale for reduksjon av klimagassutslipp er **mer miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel**. Dette tiltaket bidrar også til et mer bærekraftig landbruk.

Bruk av husdyrgjødsel i produksjon av biogass er også et tiltak som kan ha relevans for Gudbrandsdalen grunnet høy dyretetthet. Tiltaket er delvis utredet av ulike aktører i Gudbrandsdalen og bør utredes videre. Det anses mindre realistisk med biogassanlegg på enkeltgårder. Etablering av biogassanlegg vil måtte legges til sentrale steder i regionen for kortest mulig transportavstand av gjødsel. Etablering av større biogassanlegg vil kunne bidra til økt verdiskapning i regionen. Dersom man finner gode løsninger for bruk av bioresten kan tiltaket også bidra til en omfordeling av næringsstoffer fra husdyrtette områder til områder med færre husdyr og slik bidra til målsettingen om et bærekraftig landbruk.

Hovedfokus i prosjektet har vært tiltak i jordbruket, men arealbrukssektoren utenom jordbruket er en betydelig kilde til både utslipp og opptak i Gudbrandsdalen, og særlig **Oppfølging av**

stedstilpasset skogbehandling og **Redusert nedbygging og omdisponering av skog og andre karbonrike areal** er områder vi anbefaler å se nærmere på.

9.3 Øvrige tiltak

Under følger en kort omtale av øvrige tiltak.

Bruk av fangvekster er kun aktuelt på kornarealene og klimaeffekten av fangvekster foreløpig usikker under norske forhold. Den samlede effekten i regionen antas derfor å være relativt lav. Tiltaket bokføres ikke i utslippsregnskapet i dag. Fangvekster har imidlertid andre positive effekter som redusert erosjon og avrenning av næringsstoffer til vann, samspillseffekt og forgrødeeffekt. Det er også et viktig klimatilpasningstiltak.

Spredning og bruk av biokull har et stort teoretisk potensial for karbonbinding i jord, og kan på sikt bli et viktig tiltak i Gudbrandsdalen, men grunnet høye kostnader og manglende verdikjeder per nå, er det andre tiltak som vil være mer effektive å gjennomføre på kort sikt. Forskning fra Norge og Norden viser foreløpig en beskjeden positiv effekt på jordkvalitet, og ingen effekt på planteavling når ubehandlet biokull ble tilført dyrkingsjorda.

Utfasing av uttak av torv og eventuelt **restaurering av myr**, er også tiltak som er aktuelle i Gudbrandsdalen. En kartlegging av torvuttak i Gudbrandsdalen vil kunne gi et bedre bilde av uttakenes bidrag til klimagassutslipp. Myrrestaurering vil også kunne bidra til å oppfylle mål om restaurering av natur.

Betydningen av utmarksbeite på jordkarbon er vanskelig å kvantifisere da det er lite målinger av dette under norske forhold. Det er behov for mer forskning på dette feltet.

10 Kilder

- Aas, L., Åby, B.A., Lind, V. (2024). Klimatiltak i husdyrproduksjon. Delrapport 2 fra prosjektet: Kunnskapsgrunnlag for utslipps-reduksjoner i jordbruket - sett i sammenheng med tilpasning, klimarisiko og matsikkerhet. NMBU rapport 95 s. ISBN: 978-82-575-2153-0
- Arealregnskap Innlandet (2024) <https://arealregnskap-innlandet.hub.arcgis.com/pages/ressurser-og-metode>
- Aune-Lundberg, L., Mathiesen, H. F., Weldon, S., Hobræk, K., Mohr, C. W., Bjørkelo, K., Munsterhjelm, N. og Frydenlund, J. (2023). Kartlegging av karbonrike arealer – Kunnskapsgrunnlag til regionalplan for klimaomstilling i Rogaland. NIBIO RAPPORT 9 (121) 2023. <https://hdl.handle.net/11250/3099196>
- Bardalen, A., Rivedal, S. Aune, A. O' Toole, A. Walland, F. Silvennoinen, H. Sturite, I. Bøe, F. Rasse, D. Pettersen, I. Øygarden. L. (2018). Utslippsreduksjoner i norsk jordbruk Kunnskapsstatus og tiltaksmuligheter. NIBIO RAPPORT 4 (149) 2018. <http://hdl.handle.net/11250/2577266>
- Bardalen, A. 2024. Klimatiltak og matsikkerhet – synergi eller mistilpasning Delrapport 3 fra prosjektet: Kunnskapsgrunnlag for utslippsreduksjoner- sett i sammenheng med klimatilpasning, klimarisiko og matsikkerhet. NIBIO RAPPORT 10 (38) 2024 <https://hdl.handle.net/11250/3121913>
- Belbo H. og Granhus A. 2023. Årsaker til tidlig hogst: Undersøkelser rettet mot skogeiere, virkeskjøpere og kommunal skogbruksmyndighet. NIBIO Rapport. https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/3107574/NIBIO_RAPPORT_2023_9_149.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bryn, A. (2008) Recent forest limit changes in south-east Norway: Effects of climate change or regrowth after abandoned utilisation? *Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography*, 62:4, 251-270, DOI: 10.1080/00291950802517551
- Byers, E., Rivdal, S., Budai, A. & Øygarden, L. (2024). Klimatiltak i planteproduksjoner. Delrapport 1 i prosjektet; Kunnskapsgrunnlag for utslippsreduksjoner i jordbruket – sett i sammenheng med tilpasning, klimarisiko og matsikkerhet. NIBIO RAPPORT 10 (37) 2024. https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/3122204/NIBIO_RAPPORT_2024_10_37.pdf
- Bøe, F., Bechmann, M., Øgaard, A. F., Sturite, L. & Brandsæter, L. O. (2019). Fangvekstenes økosystemtjenester. Kunnskapsstatus om effekten av fangvekster. NIBIO RAPPORT 5 (9) 2019. <http://hdl.handle.net/11250/2582027>
- CAPTURE - Fangvekster som klimatiltak i norsk kornproduksjon (2023). Nettside sist oppdatert 27.09.2023. <https://www.nibio.no/prosjekter/fangvekster-som-klimatiltak-i-norsk-kornproduksjon>
- Fagerheim, W., Setten, G., Austrheim, G. (2014). Anbefalinger til ny forvaltningspraksis for sauebeite i fjellet. Sluttrapport fra en serie fokusgruppemøter 2012-2014. NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2014-4: 1-35. <https://www.ntnu.no/documents/10476/401393002/2014-4+Rapport+sauebeite.pdf/db55961e-06b9-447c-8e19-fa2daa9bc43f>
- Forskrift om husdyrgjødsel. FOR-1997-07-17-900 <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/1997-07-17-900>
- Gjellestad, BÅ. (2018). Husdyrgjødselkostnad i norsk mjølkeproduksjon - resultat frå eit rettleiingsprosjekt. Masteroppgave 30 stp. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. <http://hdl.handle.net/11250/2571648>
- Granhus, A. mfl. 2024. Effekter på karbondynamikk, miljø og næring ved økt bruk av lukkede hogstformer. NIBIO Rapport. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/3125340>
- Gudbrandsdalstinget (2023). Handlingsplan i Gudbrandsdalen 2030. Bærekraftig utvikling i Gudbrandsdalen. Den smarte, grønne dalen. https://static1.squarespace.com/static/631050e2e0f7ed44790ee5fe/t/641c200e8df3d535fe3acd81/1679564826475/Handlingsplan_Gudbrandsdalen+2030_Gudbrandsdalstinget_mars+2023.pdf
- Hansen, S., Dörsch, P., Rivedal, S., Øpstad, S., Deelstra, J. (2020). Drenering, lystgass og metan. I Rivedal, S., & Øpstad, S. (Eds.), Jord, drenering, klimagassutslipp—Effekt av ulike agronomiske tiltak (s. 30-31). Bondevennen SA and NIBIO Furuneset. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2689864>
- Hauge, A., Haukås, T., Rivedal, S. & Deelstra, J. (2020). Drenering og klimagassutslipp: virkning av drenering på klimagassutslipp, arealomfang og tiltaksanalyse. NIBIO RAPPORT 6 (6) 2020. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1659/m1659.pdf>
- Hillestad, M. E., Thorhallsdottir, A. G., Gudmundsson, J. & Norderhaug, A. (2023). Kan fjellandbruket bidra til biologisk mangfold, og fangst og lagring av karbon i jord? Rapport 7- 2023. AgriAnalyse, Oslo. <https://www.agrianalyse.no/getfile.php/138069-1701256220/Dokumenter/Dokumenter%202023/Rapport%207%20-%202023.pdf>
- Innovasjon Norge (2024). Tradisjonelt landbruk. <https://www.innovasjonnorge.no/tjeneste/tradisjonelt-landbruk>

- IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. & Tanabe K. (Red.). IGES, Japan. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.htm>
- IPCC (2014a): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IPCC (2014b). 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland
- IPCC. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (red.). IPCC, Sveits. <https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- Kartverket (2024). Kartgrunnlag fastlands-Norge. Sist oppdatert 17.11.2023 <https://www.kartverket.no/api-og-data/kartgrunnlag-fastlands-norge>
- Klimasats 2019 Forprosjekt Otta biogass. Sluttrapport. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klimasats/2019/otta-biogass/#>
- Kolberg, D., Johansen, A., Lågbu, R., Haugen F., Kok, N.H.L. & Høie, I. L. (2023). Arktisk klimaregnskap – Forprosjekt for kartlegging av behov for lokalt tilpasset klimaregnskap og nye muligheter for bruk av arealdata. NIBIO Rapport 9 (73) 2023. <https://hdl.handle.net/11250/3068895>
- Kolle, S.O. & Oguz-Alper, M. (2020). Bruk av gjødselressurser i jordbruket 2018. Metodebeskrivelse og resultater fra en utvalgsbasert undersøkelse (SSB Rapporter 2020/9). Statistisk Sentralbyrå. <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/gj%C3%B8dselunders%C3%B8kelsen>
- Landbruksdirektoratet, Miljødirektoratet og Norsk institutt for bioøkonomi. 2021. Vurdering av tilskuddsordning for gjødsling av skog. Rapport nr. 36/2021. https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/filarkiv/rapporter/Vurdering%20av%20tilskuddsordning%20of%20gj%C3%B8dsling%20av%20skog%20Rapport%2036_2021.pdf/_/attachment/inline/84ce31620ff6-43ac-b5aec307356a24a2:1e9b2813fc7c081951e5211b724ca37baef0bf53/Vurdering%20av%20tilskuddsordning%20of%20gj%C3%B8dsling%20av%20skog%20Rapport%2036_2021.pdf. Landbruksdirektoratet, (2023). Matsvinn i grøntsektorens primærledd – årsaker og tiltak. Rapport nr. 49/2023. https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/nyhetsrom/rapporter/matsvinn-i-grontsektorens-primarledd/_/attachment/inline/ce440a79-dd8a-41e8-85bb-69d882944fc4:41faae2276480dff296c6db2918dd5c200059030/Matsvinn%20i%20gr%C3%B8ntsektorens%20prim%C3%A6rledd%20Rapport%2049%202023.pdf
- Landbruksdirektoratet, (2024). <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/jordbruk/ordninger-for-jordbruk/regionalt-miljotilskudd-rmb>
- Landbruks- og matdepartementet. (2022). Prop. 121 S (2022–2023) Proposisjon til Stortinget (forslag til stortingsvedtak) Endringer i statsbudsjettet 2023 under Landbruks- og matdepartementet. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/d3053b42c8724076950d3b48a15bcd22/no/pdfs/prp202220230121000ddpdfs.pdf>
- Martinsen V., Mulder, J. Austrheim, G., & Mysterud, A. (2011). Carbon storage in low-alpine grassland soils – Effect of different grazing intensities of sheep. *European Journal of Soil Science* 62:822-833.
- Miljødirektoratet (2020). Klimakur 2030: Tiltak og virkemidler mot 2030 (Rapport M-1625|2020). <https://www.miljodirektoratet.no/klimakur>
- Miljødirektoratet (2022). Utslipp av klimagasser i kommuner. <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/>
- Miljødirektoratet (2023). Klimatiltak i Norge mot 2030: Oppdatert kunnskapsgrunnlag om utslippsreduksjonspotensial, barrierer og mulige virkemidler. (Rapport M-2539|2023). <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2023/juni-2023/klimatiltak-i-norge-mot-2030/>
- Miljødirektoratet, Statistisk sentralbyrå & Norsk institutt for bioøkonomi. (2023). Greenhouse Gas Emissions 1990 – 2021, National Inventory Report. (Rapport M-2507). Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2023/mars-2023/greenhouse-gas-emissions-1990-2021/>

- Miljødirektoratet (2024a). Utslipp av klimagasser i kommuner og fylker. Beregne effekt av ulike klimatiltak. <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/beregne-effekt-av-ulike-klimatiltak/>
- Miljødirektoratet (2024b), nettside med beregningsark «Arealbruksendringer.xlsx», sist åpnet 15.03.2024. <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/beregne-effekt-av-ulike-klimatiltak/>
- Multiconsult (2018). Forprosjekt Biogass i Midt-Gudbrandsdalen. Mulighetsstudie. Rapport 10205053-01-RIM-RAP-001.
- NIBIO og Miljødirektoratet (2024). Utslipp og opptak av klimagasser fra skog og arealbruk. <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/datavisualisering/klimagassutslipp-i-kommuner-og-fylker/>
- NIBIO (2019) Kortreist biogass er mest lønnsomt. Nettsak, publisert 08.02.2019 <https://www.nibio.no/nyheter/kortreist-biogass-er-mest-lonnsomt>
- NIBIO (2023) Statistikk fra Organisert beitebruk for alle beitelag i Norge fra 1981 - 2022, og fylkesstatistikk fra 1970 - 2022. Nettside, sett 04.03.2024. <https://www.nibio.no/tema/landskap/utmarksbeite/beitebruk/beitestatistikk>
- NIBIO (2024a). Arealressurskart. AR5. <https://www.nibio.no/tema/jord/arealressurser/arealressurskart-ar5>
- NIBIO (2024b). Jordsmonnkart. <https://www.nibio.no/tema/jord/jordkartlegging/jordsmonnkart?locationfilter=true>
- Norconsult (2021). Biogassanlegg på Frya. Delrapport 2. Rapport 5202253-01-J04.
- Norges Bondelag (2024). Landbrukets klimaplan 2021-2030. Revidert 2024. 64 s. <https://www.bondelaget.no/bondelaget-mener/miljo-og-klima/klima/landbrukets-klimaplan-pdf/>
- Olsen, ES., Skreden, H. (2023, 9.-10.nov). Nye grep mot metangassen og bærekraftig norsk storfeproduksjon. Presentasjon av prosjekt. Storfe 2023, Gardermoen.
- O'Toole, A., Lunder, O.E., Weldon, S., Rassat, A., Joner, E. & Rasse, D. (2022). Effekt av biokull i planteproduksjon, gjødsellager og husdyrproduksjon (NIBIO Rapport 8 (46) 2022 <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2985223>
- Rambøll (2020). Biogassanlegg på Frya. Tilgjengelig råstoff. Rapport.
- Rasse, D. P., Budai, A., O'Toole, A., Ma, X., Rumpel, C., & Abiven, S., 2017. Persistence in soil of Miscanthus biochar in laboratory and field conditions. PLoS ONE 12 (9): e0184383. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184383>
- Rasse, D., Økland, I., Bárcena, T., Riley, H., Martinsen, V., Sturite, I., Joner, E., O'Toole, A., Øpstad, S. Cottis, T. & Budai, A. (2019) Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord. NIBIO RAPPORT 2019 5 (36).
- Rasse, D., Lilleby, S. & O'Toole, A. (2020). Biokull er et effektivt klimatiltak i landbruket. NIBIO-POP 6 (43) 2020.
- Rekdal, Y. & Angeloff, M. (2017). Vegetasjon og beite på nordsida av Heidal. NIBIO RAPPORT 3 (10) 2017. <http://hdl.handle.net/11250/2433004>
- Rivedal, S., Prestvik, AS., Aune, A., Hansen, S., Morken, J. (2019). Tiltak for å redusere ammoniakkutslipp fra jordbruket. NIBIO rapport 5 (160) 2019 <http://hdl.handle.net/11250/2634684>
- Rivedal, S., Hansen, S., Dörsch, P., Heggset, S., Øpstad, S.(2020). Omgraving av grøfta myr som klimatiltak. I Rivedal, S., & Øpstad, S. (Eds.), Jord, drenering, klimagassutslipp—Effekt av ulike agronomiske tiltak (s. 30-31). Bondevennen SA and NIBIO Fureneset. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2689864>
- Rivedal, S., Bechmann, M., Kvifte, ÅM. (2022), Husdyrgjødseltiltak og klimagassutslipp – Vurdering av årlege aktivitetsdata og ein del utsleppsfaktorar. NIBIO rapport 8 (20) 2022 <https://hdl.handle.net/11250/2978626>
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2020a). 13248: Jordbruksbedrifter og areal med bruk av spreieutstyr for husdyrgjødsel (F) 2020. <https://www.ssb.no/statbank/table/13248>
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2020b). 13354: Jordbruksareal gjødsla med husdyrgjødsel, etter tid frå spreieing til nedmolding (dekar) (K) 2020. <https://www.ssb.no/statbank/table/13354>
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2021) Landbruksundersøkinga, <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/jordbruk/statistikk/landbruksundersokinga>
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2024a). <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/ssb-arealbruk-2023/a965a979-c12a-4b26-90a0-f09de47dbecd>

- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2024b). Tabell 06462: Jordbruksareal for utvalde vekstar (dekar) (K) 1969-2022. <https://www.ssb.no/statbank/table/06462>
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2024c). Tabell 06447: Husdyr, etter utvalgte husdyrslag (K) 1969-2021. <https://www.ssb.no/statbank/table/06447>
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (2024d). Tabell 11921: Arealer for nydyrking, etter region, statistikkvariabel og år. <https://data.ssb.no/api/vo/no/table/11921/>
- Statsforvalteren i Innlandet (2024). Fakta og statistikk - landbruk. Hentet fra <https://www.statsforvalteren.no/innlandet/landbruk-og-mat/fakta-og-statistikk2/>
- Søgaard mfl. 2023. Oppdatering av kunnskapsgrunnlag for klimatiltak i skog: Gjennomgang av 11 utvalgte tiltak i bestandsskogbruket. NIBIO Rapport https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/3069701/NIBIO%2brapport_2023_9_22.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sørensen, M. V., Strimbeck, R., Nystuen, K. O., Kapas, R. E., Enquist, B. J., & Graae, B. J. (2018). Draining the Pool? Carbon Storage and Fluxes in Three Alpine Plant Communities. *Ecosystems*, 21(2), 316–330. <https://doi.org/10.1007/S10021-017-0158-4/METRICS>
- Thompson, LR., Rowntree, JR. (2020). Invited Review: Methane sources, quantification, and mitigation in grazing beef systems. *Applied Animal Science* 35 4 s. 556-573. <https://doi.org/10.15232/aas.2019-01951>
- Thorhallsdottir, A. G. & Gudmundsson, J. (2023). Carbon dioxide fluxes and soil carbon storage in relation to long-term grazing and no grazing in Icelandic semi-natural grasslands. *Applied Vegetation Science* 2023 26(4), 1-12. <https://doi.org/10.1111/avsc.12757>
- Tonjer, L.-R., Thoen, E., Morgado, L., Botnen, S., Mundra, S., Nybakken, L., Bryn, A. & Kausrud, H. (2021). Fungal community dynamics across a forest-alpine ecotone. *Molecular ecology*, 30 (19), 4926-4938. <https://doi.org/10.1111/mec.16095>
- Weldon, S., Fadnes, K. D., Kvitte, Å. M., Hobrak, K. T., Takriti, M., & Zhao, J. (2024). Klimatiltak for å redusere klimagassutslipp fra drenert organisk jordbruksjord. NIBIO Rapport 10 (10): 82 s. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/3125672>

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter.